



**TUGAS AKHIR - SM 141501**

**PERBANDINGAN MODEL GSTAR DAN GSTAR-FILTER KALMAN PADA PERAMALAN TINGKAT INFLASI DI TIGA KOTA DI JAWA TIMUR**

**JESSICA RAHMA PRILLANTIKA**  
**NRP 1213 100 087**

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

**DEPARTEMEN MATEMATIKA**  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017





**FINAL PROJECT - SM 141501**

# **COMPARISON BETWEEN GSTAR AND GSTAR-KALMAN FILTER MODELS ON INFLATION RATE FORECASTING IN EAST JAVA**

**JESSICA RAHMA PRILLANTIKA**  
**NRP 1213 100 087**

**Supervisors**  
**Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si**  
**Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS**  
**Faculty of Mathematics and Natural Science**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya**  
**2017**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERBANDINGAN MODEL GSTAR DAN GSTAR-FILTER KALMAN  
PADA PERAMALAN TINGKAT INFLASI DI TIGA KOTA DI JAWA  
TIMUR**

**COMPARISON BETWEEN GSTAR AND GSTAR-KALMAN FILTER  
MODELS ON INFLATION RATE FORECASTING IN EAST JAVA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains pada Bidang Studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Departemen Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

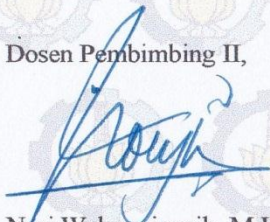
Oleh :

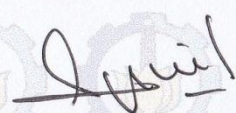
**JESSICA RAHMA PRILLANTIKA**  
**NRP. 1213 100 087**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

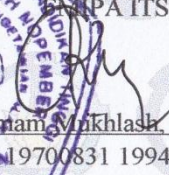
Dosen Pembimbing I,

  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
NIP. 19650220 198903 2 002

  
Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si  
NIP. 19660414 199102 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Matematika  
ITS

  
Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT  
NIP. 19700831 199403 1 003  
Surabaya, Agustus 2017





# **PERBANDINGAN MODEL GSTAR DAN GSTAR-FILTER KALMAN PADA PERAMALAN TINGKAT INFLASI DI TIGA KOTA DI JAWA TIMUR**

**Nama Mahasiswa** : JESSICA RAHMA PRILLANTIKA  
**NRP** : 1213 100 087  
**Departemen** : Matematika  
**Dosen Pembimbing** : 1. Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si  
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

## **ABSTRAK**

*Dalam kehidupan sehari-hari, sering ditemukan data yang mempunyai keterkaitan antar waktu dan lokasi. Data seperti ini disebut data spasial. Tingkat inflasi merupakan salah satu jenis data spasial karena tidak hanya memiliki keterkaitan dengan kejadian pada waktu sebelumnya, tetapi juga mempunyai keterkaitan dengan lokasi lain. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman untuk mendapatkan peramalan dengan tingkat error yang kecil. Filter Kalman merupakan salah satu estimator yang melakukan estimasi terhadap perubahan state karena gangguan dari white noise. Hasil akhir menunjukkan bahwa Filter Kalman mampu memperbaiki hasil ramalan GSTAR. Hal ini ditunjukkan melalui hasil simulasi berupa grafik dan diperjelas dengan nilai RMSE yang lebih kecil.*

**Kata Kunci :** *data spasial, inflasi, GSTAR, parameter, Estimasi Filter Kalman*





# **COMPARISON BETWEEN GSTAR AND GSTAR-KALMAN FILTER MODELS ON INFLATION RATE FORECASTING IN EAST JAVA**

**Name** : JESSICA RAHMA PRILLANTIKA  
**NRP** : 1213 100 087  
**Department** : Mathematics  
**Supervisors** : 1. Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si  
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

## **ABSTRACT**

Up to now, often found data that has correlation between time and location. This data also known as spatial data. The rate of inflation is one type of spatial data because it is not only related to the events of the previous time, but also has relevance to the other location or elsewhere. In this research will be done comparison between GSTAR model and GSTAR-Kalman Filter to get prediction which have small error rate. Kalman Filter is one estimator that estimates state changes due to noise from white noise. The final result shows that Kalman Filter is able to improve the GSTAR forecast result. This is shown through simulation results in the form of graphs and clarified with smaller RMSE values.

***Kata Kunci*** : *spatial data, inflation, GSTAR, parameter, Kalman Filter Estimator*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Perbandingan Model GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman pada Peramalan Tingkat Inflasi di Tiga Kota di Jawa Timur”** dengan baik dan tepat waktu.

Keberhasilan penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash S.Si., M.T. selaku Kepala Departemen Matematika ITS yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Didik Khusnul S.Si, M.Si. selaku Ketua Program Studi Sarjana Departemen Matematika ITS atas arahan dan bantuannya selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Matematika ITS.
3. Bapak Drs. Iis Herisman, M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Sarjana Departemen Matematika ITS atas arahan dan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si dan Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dengan penuh kesabaran kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T. selaku dosen wali, seluruh Bapak/Ibu dosen pengajar yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat kepada penulis, serta segenap karyawan dan keluarga besar Departemen Matematika ITS atas segala dukungan dan bantuannya.

6. Teristimewa untuk rekan-rekan seperjuangan, LAMBDA yang telah mengisi hari-hari penulis dengan penuh keceriaan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang berkepentingan.

Surabaya, Agustus 2017

Penulis

### ***Special Thanks to***

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi secara khusus kepada:

1. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan kepercayaan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Cindio Wigig Retmaja selaku kakak kandung yang senantiasa memberi dukungan dan kepercayaan kepada penulis dalam menyelesaikan tanggung jawab kepada orang tua.
3. Senior-senior 2012++ penghuni Lab. ROPD yang membantu penulis pada penulisan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh teman-teman angkatan 2013 yang senantiasa memberi bantuan mulai dari tahun pertama hingga tahun keempat.
5. Keluarga Besar HIMATIKA ITS yang telah menjadi keluarga kedua penulis.
6. Kabinet Generator yang senantiasa memberikan dukungan dan dorongan satu sama lain selama penyusunan Tugas Akhir.
7. Rekan-rekan *External Affair* (Baksa, Vina, Diva, RYP, Risa, Faul, Indra, Dian, Pipik, Via, Anin, dan Hani) yang senantiasa menguatkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Komunitas penakluk *Kalman Filter* (Amel dan Palupi) yang senantiasa mengingatkan penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.
9. Kelompok S.Si (Eries, Gery, Ayu, Ina, Ivan, Mega, Neni, Nurma, Lisa, Wawan, Yeni, Melinda, Niken, dan Diana) selaku penghuni terakhir Lab. ROPD yang senantiasa membantu dan menghibur penulis.
10. Gen AGNI 26 (Rochadi, Ircham, dan Solek) yang senantiasa menanti kelulusan penulis.
11. Sahabat penulis di Madiun (Alfi, Resti, Indani, Nadia, dan Anin) yang selalu ceria menghibur dan memotivasi penulis.

12. Kelompok ILANG (Anggun, Solek, Nisrina, Tannia, Senja, dan Nisa) yang tidak pernah pudar menanti kelulusan penulis. Yang selalu ada dalam suka dan duka.
13. Sahabat sedari kecil penulis (Aldina dan Virnanda) yang senantiasa menuntut penulis untuk segera lulus dan pulang ke kampung halaman.

Dan tentu saja masih banyak pihak tak tersebut yang membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir. Semoga doa dan semangat kembali ke diri masing-masing. Aamiin.

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
DAFTAR NOTASI .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Inflasi .....	7
2.2 Statistik Deskriptif .....	7
2.3 Multivariate Time Series .....	10
2.3.1 Stasioneritas Model <i>Multivariate Time Series</i> .....	11
2.3.2 Model <i>Vector Autoregressive</i> (VAR) .....	12
2.3.3 Model <i>Generalized Space Time Autoregressive</i> (GSTAR) .....	12
2.3.4 Pembobotan Lokasi pada Model GSTAR .....	13
2.4 Identifikasi Model .....	14
2.5 Estimasi Parameter .....	15
2.6 <i>Diagnostic Checking</i> Model GSTAR .....	18

2.6.1	<i>White Noise</i> Residual.....	19
2.6.2	Uji Distribusi Multinormal .....	19
2.7	Kriteria Pemilihan Model Terbaik .....	20
2.8	Estimasi Filter Kalman .....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		25
3.1	Metode Analisis .....	25
3.2	Tahapan Penelitian.....	25
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		29
4.1	Variabel dalam Penelitian .....	29
4.2	Identifikasi Model GSTAR.....	32
4.3	Estimasi dan Pengujian Parameter .....	38
4.4	<i>Diagnostic Checking</i> Model GSTAR .....	45
4.4.1	Uji Residual <i>White Noise</i> .....	45
4.4.2	Uji Residual Multinormal.....	45
4.5	Hasil Peramalan Tingkat Inflasi Menggunakan Model GSTAR(21) .....	46
4.6	Simulasi Metode Filter Kalman .....	47
4.7	<i>Graphic User Interface</i> (GUI) Program .....	51
4.8	Perbandingan Hasil Model GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman.....	52
BAB V KESIMPULAN .....		55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN.....		61
BIOGRAFI PENULIS .....		105



## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1	Transformasi Box-Cox..... 11
Tabel 2.2	Algoritma Filter Kalman ..... 23
Tabel 4.1	Statistik Deskriptif Data tingkat Inflasi di tiga kota di Jawa Timur..... 30
Tabel 4.2	Koefisien korelasi ketiga Kota ..... 31
Tabel 4.3	Hasil Uji Korelasi..... 32
Tabel 4.4	Jarak antar Kota..... 38
Tabel 4.5	Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(21) untuk Data Tingkat Inflasi..... 42
Tabel 4.6	Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(21) untuk Data Tingkat Inflasi..... 44
Tabel 4.7	Hasil Peramalan Tingkat Inflasi menggunakan GSTAR..... 47
Tabel 4.8	Estimasi Parameter Model GSTAR Menggunakan Filter Kalman..... 50
Tabel 4.9	Hasil Peramalan Tingkat Inflasi Menggunakan GSTAR-Filter Kalman ..... 51
Tabel 4.10	Nilai RMSE <i>Out-sample</i> di Setiap Kota ..... 53



## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 3.1 Tahapan penelitian dengan metode GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman .....	26
Gambar 4.1 Data Tingkat Inflasi Kota Malang, Probolinggo, dan Surabaya .....	30
Gambar 4.2 Box-Cox untuk Data Tingkat Inflasi .....	34
Gambar 4.4 Plot MACF pada Data Tingkat Inflasi di Ketiga Kota .....	35
Gambar 4.3 Box-Cox untuk Data Tingkat Inflasi Setelah Stasioner terhadap Varian .....	36
Gambar 4.5 Skema MPACF Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota .....	37
Gambar 4.7 Plot MACF Residual Data Tingkat Inflasi ketiga Kota di Jawa Timur .....	46
Gambar 4.8 <i>Chi-Square</i> Plot Residual Model GSTAR(21) .....	46
Gambar 4.9 GUI dari Estimasi Parameter dan Peramalan Tingkat Inflasi di tiga Kota pada Model GSTAR .....	52
Gambar 4.10 Hasil Peramalan Tingkat Inflasi .....	54



## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1	Tabel Distribusi t..... 61
Lampiran 2	Macro Syntax Distribusi Multinormal Minitab..... 71
Lampiran 3	Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota di Jawa Timur..... 73
Lampiran 4	Statistik Deskriptif Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota..... 77
Lampiran 5	Nilai Koefisien Korelasi..... 78
Lampiran 6	Plot Box-Cox Data Tingkat Inflasi Setelah Transformasi ..... 79
Lampiran 7	Hasil Estimasi Parameter GSTAR Berdasarkan Persamaan (4.2)..... 80
Lampiran 8	Hasil Estimasi Parameter Signifikan Berdasarkan Persamaan (4.3)..... 87
Lampiran 9	Listing Program Filter Kalman untuk Estimasi Parameter GSTAR ..... 94
Lampiran 10	Output Matlab Hasil Estimasi Parameter Filter Kalman ..... 101
Lampiran 11	Makro SAS Untuk Pengolahan GSTAR ..... 102



## DAFTAR NOTASI

$p$	: order <i>autoregressive</i> dari model GSTAR,
$S_N(t)$	: data tingkat inflasi di kota $N$ pada saat- $t$ ,
$Z_N(t)$	: data tingkat inflasi di kota $N$ pada saat- $t$ yang sudah Stasioner,
$\hat{Z}_N(t)$	: ramalan tingkat inflasi di kota $N$ pada saat- $t$ yang sudah Stasioner,
$\hat{\rho}_{ij}$	: autokorelasi residual untuk lag ke- $ij$ ,
$r_{ij}$	: adalah korelasi sampel antara variabel $i$ dan $j$ ,
$\lambda_k$	: order spasial dari bentuk <i>autoregressive</i> ke- $k$ ,
$\Phi_{kl}^N$	: parameter GSTAR pada lag temporal ke- $k$ untuk order spasial $l$ pada lokasi ke- $N$ ,
$\varepsilon(t)$	: vektor sisaan <i>white noise</i> saat ke- $t$ berukuran $N \times 1$ yang diasumsikan sebagai normal dan independen dengan <i>mean</i> nol dan <i>varians</i> konstan,
$e(t)$	: vektor error pada saat- $t$ ,
$b_{ij}$	: jarak antar lokasi ke- $i$ dan lokasi ke- $j$ ,
$W$	: matriks pembobot lokasi berukuran $N \times N$ ,
$w_{ij}$	: elemen dari matriks $W$ baris ke- $i$ kolom ke- $j$ ,
$N$	: banyak lokasi yang diamati,
$n$	: banyak data (observasi),
$\ln$	: natural log,
$pa$	: jumlah parameter pada model,
$SSE$	: jumlah kuadrat sisaan model,
$\phi$	: parameter VAR,
$x_t$	: variabel keadaan berukuran $n \times 1$ ,
$u_t$	: vektor masukan deterministik berukuran $m \times 1$
$c_t$	: vektor pengukura/keluaran berukuran $p \times 1$
$q_t$	: vektor yang mengandung proses batas noise setiap parameter di vektor keadaan

$\mathbf{h}_t$  : vektor yang mengandung batas pengukuran noise  
 untuk setiap pengamatan dalam vektor pengukuran

$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{G}, \mathbf{H}$  : matriks-matriks konstan di dalam ukuran berkesuaian  
 dimana  $\mathbf{A} = n \times n$ ,  $\mathbf{B} = n \times m$ ,  $\mathbf{G} = n \times l$ ,  
 $\mathbf{H} = p \times n$ .



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

### **1.1 Latar Belakang**

Inflasi adalah suatu keadaan perekonomian di mana harga-harga secara umum mengalami kenaikan dalam jangka waktu yang panjang. Inflasi merupakan suatu faktor yang sangat berpengaruh dalam perekonomian suatu daerah. Inflasi secara umum dapat terjadi karena jumlah uang yang beredar lebih banyak daripada yang dibutuhkan. Beberapa akibat yang ditimbulkan inflasi terhadap kegiatan ekonomi masyarakat, di antaranya inflasi dapat menyulitkan eksportir dan negara karena berkurangnya daya saing untuk barang ekspor sehingga devisa yang diperoleh juga semakin kecil. Dampak lain yang diakibatkan dengan adanya inflasi yaitu tidak tepatnya penetapan harga pokok dan harga jual kebutuhan sehari-hari sehingga keadaan inflasi ini dapat mengacaukan perekonomian, terutama untuk produsen. Tingginya tingkat inflasi menyebabkan kenaikan harga barang secara umum dan terus menerus sehingga mengakibatkan keadaan perekonomian menjadi kacau dan lesu [1].

Inflasi merupakan suatu gejala ekonomi yang tidak pernah dapat dihilangkan dengan tuntas. Usaha-usaha yang dilakukan hanya sampai sebatas mengurangi dan mengendalikannya karena inflasi yang terkendali justru dapat meningkatkan kegiatan perekonomian. Prediksi inflasi *month to month* merupakan suatu usaha yang dapat dilakukan untuk mengendalikan inflasi. Metode yang digunakan merupakan metode *time series*, sebab inflasi *month to month* merupakan data yang memiliki keterkaitan deret waktu [1].

Banyak metode *time series* yang digunakan untuk memprediksi data inflasi, diantaranya adalah metode *Vector Autoregression* (VAR), *Structural Vector Autoregression* (SVAR), *Autoregression Integrated Moving Average* (ARIMA), *Space Time Autoregression* (STAR) dan *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR). Metode GSTAR merupakan pemodelan *time series* yang digunakan untuk mengatasi data deret waktu dan lokasi. GSTAR merupakan perbaikan dari metode *Space Time Autoregressive* (STAR) yang pertama kali diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch. Metode STAR memiliki keterbatasan yaitu lokasi yang digunakan haruslah memiliki sifat homogen. Sedangkan metode GSTAR dapat diterapkan pada lokasi yang bersifat heterogen. Penentuan model GSTAR dimulai dari melihat kestasioneran data [2][3][4].

Ketergantungan antar lokasi dalam model ruang waktu diidentifikasi dalam pembobot lokasi. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan pembobot lokasi dalam model GSTAR diantaranya adalah pembobot seragam, biner, invers jarak, dan pembobot normalisasi korelasi silang [5].

Metode GSTAR telah banyak diterapkan di berbagai bidang ekonomi dan geologi. Penelitian dengan metode GSTAR di bidang ekonomi diterapkan Nurhayati pada data *Gross Domestic Product* (GDP) di negara-negara Eropa Barat. GSTAR juga diterapkan Kurniawati pada peramalan laju inflasi kota Surakarta, Yogyakarta, dan Surabaya. Sedangkan penerapan metode GSTAR pada bidang geologi diterapkan pada prediksi debit air sungai Brantas [6][7][8].

Filter Kalman merupakan salah satu estimator yang melakukan estimasi terhadap perubahan state karena gangguan dari *noise*. Pada penelitian sebelumnya, Filter Kalman digunakan untuk mengestimasi beberapa sistem. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Mokhammad H.P. Pada penelitian tersebut, dilakukan prediksi permintaan darah Unit Trasfusi Darah UTD PMI Surabaya menggunakan metode ARIMA yang nilai parameternya diperoleh

dari estimasi parameter Filter Kalman. Selain itu Filter Kalman juga diterapkan oleh Popy F pada estimasi *error* hasil ramalan pemodelan ARIMA dan VAR untuk memperbaiki prediksi 7 bulan ke depan pada penelitian tingkat inflasi *month to month* pada dua daerah di Jawa Timur, yaitu Kota Malang dan Kota Probolinggo [9][10].

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perbandingan hasil peramalan antara metode GSTAR dan metode GSTAR-Filter Kalman pada peramalan tingkat inflasi *month to month* di beberapa Kota di Jawa Timur. Metode yang dianggap lebih baik ditentukan oleh nilai RMSE yang lebih kecil.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana model GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman dengan pembobot invers jarak pada data tingkat inflasi di Kota Surabaya, Malang, dan Probolinggo.
2. Bagaimana perbandingan hasil peramalan tingkat inflasi di Jawa Timur menggunakan metode GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman.

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian lebih fokus dan tidak meluas dari pembahasan yang dimaksud, dalam Tugas Akhir ini, diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam meramalkan tingkat inflasi adalah data sekunder yang diperoleh dari BPS Jawa Timur mulai bulan Januari 2010-Desember 2016.
2. Kota yang digunakan untuk pengambilan data inflasi *month to month* terletak di Kota Surabaya, Malang, dan Probolinggo.

3. Bobot lokasi yang digunakan dalam pemodelan GSTAR adalah bobot invers jarak.
4. Model GSTAR yang digunakan adalah model GSTAR dengan orde spasial 1.

#### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan model GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman dengan pembobot invers jarak pada data tingkat inflasi di Kota Surabaya, Malang, dan Probolinggo.
2. Mendapatkan model terbaik untuk peramalan tingkat inflasi di beberapa kota di Jawa Timur berdasarkan metode GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman.

#### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini yaitu mengetahui apakah Filter Kalman mampu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode GSTAR pada peramalan tingkat inflasi sehingga kedepannya bisa memberikan rujukan metode peramalan khususnya bagi pemerintah

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab. Secara garis besar, masing-masing bab berisikan:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri atas beberapa subbab, yaitu latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Tujuan dari penulisan bab ini adalah untuk membahas tentang teori-teori dasar yang mendukung penyelesaian

permasalahan dan mendapatkan solusi atas permasalahan yang dibahas pada Tugas Akhir. Bab ini meliputi pembentukan model GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman, hingga peramalan menggunakan GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tahapan-tahapan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir demi tercapainya tujuan Tugas Akhir.

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data dan penentuan model yang sesuai untuk peramalan tingkat inflasi di beberapa kota di Jawa Timur menggunakan metode GSTAR. Setelah itu dilakukan penerapan Filter Kalman pada estimasi parameter pada model GSTAR sehingga pada akhirnya diperoleh perbandingan antara data hasil peramalan dengan data aktual pada tingkat inflasi di beberapa kota di Jawa Timur menggunakan metode GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman.

### **BAB V KESIMPULAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dibahas teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas pada Tugas Akhir.

#### **2.1 Inflasi**

Secara umum, inflasi adalah suatu keadaan perekonomian dimana harga-harga secara umum mengalami kenaikan dalam waktu yang panjang. Kenaikan harga yang bersifat sementara seperti kenaikan harga pada masa lebaran tidak dianggap sebagai inflasi, karena di saat setelah masa lebaran, harga-harga dapat turun kembali. Inflasi secara umum dapat terjadi karena jumlah uang yang beredar lebih banyak daripada yang dibutuhkan. Inflasi merupakan suatu gejala ekonomi yang tidak pernah dapat dihilangkan dengan tuntas. Usaha-usaha yang bisa dilakukan hanya sebatas mengurangi dan mengendalikannya [1].

#### **2.2 Statistik Deskriptif**

*Descriptive Statistics* adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu kumpulan data sehingga memberikan informasi yang berguna tanpa mengambil keputusan untuk populasi. Dengan kata lain hanya melihat gambaran secara umum dari data yang didapatkan [11].

*Descriptive Statistics* yang paling umum digunakan untuk menyajikan suatu kumpulan data adalah nilai maksimum, nilai minimum, mean, standar deviasi, dan koefisien korelasi. Beberapa penjelasan mengenai *Descriptive Statistics* tersebut diantaranya [11]:

##### **1. Mean**

*Mean* merupakan rata-rata atau nilai tengah dari data yang diamati. Untuk menghitung nilai mean untuk variabel  $Z$  dapat

menggunakan rumus [11]:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{t=1}^n Z(t)}{n} \quad (2.1)$$

dengan:

- $\bar{Z}$  adalah rata-rata nilai  $Z$ ,
- $Z(t)$  adalah nilai  $Z$  pada waktu ke- $t$ ,
- $n$  adalah ukuran sampel.

## 2. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah akar dari varians (ragam). Standar deviasi untuk sampel dilambangkan dengan  $s$ . Untuk menghitung nilai  $s$ , digunakan rumus sebagai berikut [11]:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Z(t) - \bar{Z})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

dengan:

- $s$  adalah standar deviasi,
- $Z(t)$  adalah nilai  $Z$  pada waktu ke- $t$ ,
- $\bar{Z}$  adalah rata-rata nilai  $Z$ ,
- $n$  adalah ukuran sampel.

## 3. Nilai Minimum

Nilai minimum pada data merupakan data terkecil pada sejumlah  $n$  data sampel yang dirumuskan [11]:

$$Z_{\min} = \min(Z(1), Z(2), \dots, Z(n)) \quad (2.3)$$

dengan:

- $Z_{\min}$  adalah nilai minimum dari nilai  $Z$ ,
- $Z(i)$  adalah nilai  $Z$  pada waktu ke- $t$ ,
- $n$  adalah ukuran sampel.

## 4. Nilai Maksimum

Nilai maksimum pada data merupakan data terbesar pada sejumlah  $n$  data sampel yang dirumuskan [11]:

$$Z_{\max} = \max(Z(1), Z(2), \dots, Z(n)) \quad (2.4)$$

dengan:

- $Z_{\max}$  adalah nilai maksimum dari nilai  $Z$ ,



- $Z(t)$  adalah nilai  $Z$  pada waktu ke- $t$ ,
- $n$  adalah ukuran sampel.

## 5. Koefisien Korelasi

Korelasi merupakan salah satu teknik analisis dalam statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel yang bersifat kuantitatif. Hubungan dua variabel tersebut dapat terjadi karena adanya hubungan sebab akibat atau dapat pula terjadi karena kebetulan saja. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada variabel yang satu akan diikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur dengan arah yang sama (positif) atau berlawanan (negatif) [11].

Koefisien korelasi berkisar antara 1 sampai dengan -1. Nilai yang semakin mendekati 1 atau -1 berarti hubungan antara dua variabel semakin kuat. Sebaliknya, jika nilai mendekati 0 berarti hubungan antara dua variabel semakin lemah [11].

Untuk mencari koefisien korelasi dapat digunakan rumus sebagai berikut [11]:

$$r_{ij} = \frac{n(\sum Z_i Z_j) - (\sum Z_i)(\sum Z_j)}{\sqrt{[n((\sum Z_i)^2 - (\sum Z_i^2))] [n((\sum Z_j)^2 - (\sum Z_j^2))]} \quad (2.5)$$

dengan:

- $r_{ij}$  adalah korelasi sampel antara variabel  $i$  dan  $j$ ,
- $n$  adalah ukuran sampel,
- $Z_i$  adalah variabel pada lokasi ke- $i$ ,
- $Z_j$  adalah variabel pada lokasi ke- $j$ .

Koefisien korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier di antara dua variabel saja. Untuk menguji signifikansi dari koefisien korelasi sederhana dilakukan uji-t dengan uji sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0$  : tidak ada hubungan secara signifikan antar variabel

$H_1$  : terdapat hubungan secara signifikan antar variabel

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{r_{ij}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{ij}^2}} \quad (2.6)$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 5\% = 0,05$ , jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2},n}$ , maka  $H_0$  ditolak artinya terdapat hubungan secara signifikan antara variabel ke- $i$  dan variabel ke- $j$ . Untuk  $t_{\frac{\alpha}{2},n}$  diperoleh dari Tabel Distribusi t yang terlampir pada Lampiran 1.

### 2.3 Multivariate Time Series

Data deret waktu multivariat atau multivariate time series merupakan data deret waktu yang terdiri dari banyak variabel. Pengidentifikasiannya dapat dilakukan dengan melihat pola Matrix Autocorrelation Function (MACF) dan Matrix Partial Autocorrelation Function (MPACF). Metode yang dikenalkan adalah menggunakan simbol yang dinotasikan dengan (+), (-), dan (.) pada matriks korelasi. Matriks korelasi dirumuskan sebagai:

$$\boldsymbol{\rho}(k) = [\rho_{ij}(k)],$$

di mana  $\rho_{ij}(k)$  merupakan korelasi silang sampel untuk komponen series ke- $i$  dan ke- $j$  yang dirumuskan:

$$\rho_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)(Z_{j,t+k} - \bar{Z}_j)}{\left[ \sum_{t=1}^n (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)^2 \sum_{t=1}^n (Z_{j,t} - \bar{Z}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

dengan:

$\bar{Z}_i$ , adalah rata-rata sampel dari variabel  $Z_i$ ,

$\bar{Z}_j$  adalah rata-rata sampel dari variabel  $Z_j$ ,

$Z_{i,t}$  adalah variabel ke- $i$  pada waktu ke- $t$ ,

$Z_{j,t}$  adalah variabel ke- $j$  pada waktu ke- $t$ ,

$Z_{j,t+k}$  adalah variabel ke- $j$  pada waktu ke- $(t + k)$

$n$  adalah banyaknya data yang diamati.

Simbol (+) menyatakan bahwa  $\rho_{ij}$  lebih dari 2 kali standar *error* dan menunjukkan hubungan korelasi (+). Simbol (-) menyatakan bahwa  $\rho_{ij}$  kurang dari 2 kali standar *error* dan menunjukkan hubungan korelasi (-). Simbol (.) menyatakan  $\rho_{ij}$  berada di antara  $\pm 2$  kali standar *error* dan menunjukkan tidak adanya hubungan korelasi [10][12].

### 2.3.1 Stasioneritas Model *Multivariate Time Series*

Kestasioneran data pada model *multivariate time series* dapat dilihat dari plot MACF dan MPACF serta plot Box-Cox. Plot MACF dan MPACF yang turun secara lambat mengindikasikan bahwa data belum stasioner dalam mean. Oleh karena itu, perlu dilakukan *differencing* untuk menstasionerkan data. Secara umum operasi *differencing* orde ke-d sama seperti pada model *univariate time series* yaitu  $B^d Z_t = Z_{t-d}$ . Begitupun kestasioneran dalam *varians*. Data belum stasioner jika lambda *estimatenya* tidak sama dengan 1. Data dikatakan stasioner jika semua akar dari *eigen value* pada matriks  $[\Phi_{10} + \Phi_{11}W]$  berada di dalam lingkaran satuan atau  $|\lambda| < 1$ . Agar data stasioner dalam *varians*, maka transformasi perlu dilakukan. Nilai  $\lambda$  beserta aturan Transformasi Box-Cox dapat dilihat pada Tabel 2.1. [12][13].

Tabel 2.1 Transformasi Box-Cox

Nilai $\lambda$	Transformasi
-1	$\frac{1}{Z_t}$
-0,5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0	$\ln Z_t$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	$Z_t$ (tidak ada transformasi)

Transformasi Box-Cox hanya dapat dilakukan untuk data yang memiliki nilai lebih dari 0. Jika terdapat nilai data yang kurang dari 0, maka perlu menambahkan konstanta ( $c$ ) untuk semua data agar data memiliki nilai lebih dari 0. Maka persamaan transformasi menjadi  $Y' = (Y + C)'$  [13].

### 2.3.2 Model *Vector Autoregressive* (VAR)

Model *Vector Autoregressive* (VAR) pertama kali diperkenalkan oleh Sims dalam bidang makroekonomi. Model VAR( $p$ ) dapat dinyatakan sebagai [14]:

$$Y = [\sum_{l=1}^p \phi_l Y^*] + \varepsilon \quad (2.7)$$

dengan:

- $Y = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_N(t))^T$  merupakan vektor variabel runtun waktu ke- $t$  berukuran  $(N \times 1)$ ,
- $\phi_l$  adalah matriks parameter berukuran  $(N \times N)$ ,
- $Y^* = (y_1(t-l), y_2(t-l), \dots, y_N(t-l))^T$  merupakan vektor variabel runtun waktu ke- $t$  berukuran  $(N \times 1)$ ,
- $\varepsilon$  adalah vektor sisaan *white noise* saat ke- $t$  berukuran  $(N \times 1)$ ,
- $t = 1, \dots, T$ .

### 2.3.3 Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai data yang mempunyai keterkaitan antara waktu dan lokasi. Salah satu model yang digunakan dalam mengatasi data deret waktu dan lokasi adalah model STAR. Model STAR memiliki kelemahan pada fleksibilitas parameter yang mengasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang diteliti memiliki karakteristik yang seragam (homogen), sehingga jika dihadapkan pada lokasi-lokasi yang memiliki karakteristik yang heterogen, model kurang baik untuk digunakan. Kelemahan dari metode STAR telah direvisi dan dikembangkan

pada penelitian terdahulu dan menghasilkan sebuah metode baru yang disebut GSTAR [4].

Dalam mengidentifikasi orde model GSTAR, orde spasial umumnya dibatasi pada orde 1 karena orde yang lebih tinggi sulit diinterpretasikan atau secara matematis dinotasikan sebagai GSTAR ( $P_1$ ) [15].

Dalam notasi matriks, model GSTAR ( $P_1$ ) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{Z} = \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^{\lambda_k} [\Phi_{kl} \mathbf{W}^{(l)} \mathbf{Z}^*] + \mathbf{e}(t) \quad (2.8)$$

dengan:

- $\mathbf{Z} = (z_1(t), \dots, z_N(t))^T$  merupakan vektor variabel runtun waktu ke- $t$  berukuran  $(N \times 1)$ ,
- $p$  adalah order *autoregressive*,
- $\lambda_k$  adalah order spasial,
- $\Phi_{kl}$  merupakan matriks parameter berukuran  $(N \times N)$  dengan diagonal  $(\Phi_{kl}^1, \dots, \Phi_{kl}^N)$ ,
- $\mathbf{W}^{(l)} = w_{ij}$ , adalah matriks bobot lokasi berukuran  $(N \times N)$ ,
- $\mathbf{Z}^* = (z_1(t-k), \dots, z_N(t-k))^T$  merupakan vektor variabel runtun waktu ke- $t$  berukuran  $(N \times 1)$ ,
- $\mathbf{e}(t)$  merupakan vektor *error* pada saat- $t$  yang diasumsikan sebagai normal dan independen dengan *mean* nol dan *varians* konstan,
- $N$  adalah jumlah lokasi yang diamati [4].

### 2.3.4 Pembobotan Lokasi pada Model GSTAR

Pemilihan bobot lokasi merupakan permasalahan utama dalam pemodelan GSTAR. Bobot lokasi yang sering digunakan dalam model GSTAR adalah bobot seragam, invers jarak, biner, dan korelasi silang. Pada penelitian ini digunakan bobot invers jarak pada model GSTAR [5].

Bobot invers jarak adalah pembobotan yang mengacu pada jarak antar lokasi. Lokasi yang berdekatan memiliki ketergantungan lokasi yang lebih besar. Sebaliknya, lokasi yang berjauhan memiliki ketergantungan lokasi yang lebih kecil. Hal ini diperoleh dengan cara menginverskan jaraknya. Pembobot invers jarak antara lokasi ke- $i$  dan ke- $j$  dinyatakan sebagai [5]:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{\frac{1}{b_{ij}}}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{b_{ij}}}, i \neq j \\ 0, i = j \end{cases} \quad (2.9)$$

dengan  $b_{ij}$  merupakan jarak dari lokasi ke- $i$  dan lokasi ke- $j$ . Dan pada penelitian ini  $b_{ij}$  diasumsikan sama dengan  $b_{ji}$ . Matriks pembobot invers jarak dapat dinyatakan sebagai [5]:

$$W = [w_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \cdots & w_{1j} \\ w_{21} & 0 & \cdots & w_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{ij} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

## 2.4 Identifikasi Model

Model GSTAR memiliki keterkaitan ruang dan waktu sehingga ordo modelnya berupa ordo *autoregressive* dan ordo spasial. Penentuan ordo spasial dibatasi dengan ordo spasial satu karena ordo spasial lebih dari satu sulit untuk diinterpretasikan. Sedangkan penentuan ordo *autoregressive* model GSTAR dapat menggunakan ordo model VAR( $p$ ). Pengidentifikasian ordo model VAR dapat dilakukan dengan panjang *lag* optimal. Kriteria menentukan panjang *lag* optimal dapat menggunakan nilai *Schwarz Bayesian Criterion* (SBC) terkecil.

Nilai SBC merupakan suatu nilai yang digunakan sebagai ukuran kriteria kebaikan model. Nilai SBC dapat dirumuskan sebagai:

$$SBC = n \cdot \ln \left( \frac{SSE}{n} \right) + pa \cdot \ln(n) \quad (2.11)$$

dengan:

- $pa$  adalah jumlah parameter pada model,
- $n$  adalah ukuran sampel,
- SSE adalah jumlah kuadrat sisaan dari model yang bergantung pada variabel di dalam model [15][14].

## 2.5 Estimasi Parameter

Estimasi parameter  $\Phi$  model GSTAR pada  $N$  daerah dapat menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat terkecilnya. Model GSTAR pada persamaan (2.2) dapat dinyatakan dalam bentuk [16]:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ \vdots \\ z_N(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \Phi_{k0}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Phi_{k0}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \Phi_{k0}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-k) \\ z_2(t-k) \\ \vdots \\ z_N(t-k) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{kl}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Phi_{kl}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \Phi_{kl}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \vdots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \vdots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \vdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-k) \\ z_2(t-k) \\ \vdots \\ z_N(t-k) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{bmatrix} \tag{2.12}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ \vdots \\ z_N(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \Phi_{k0}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Phi_{k0}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \Phi_{k0}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-k) \\ z_2(t-k) \\ \vdots \\ z_N(t-k) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{kl}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Phi_{kl}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \Phi_{kl}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{12}z_2(t-k) + \cdots + w_{1N}z_N(t-k) \\ w_{21}z_1(t-k) + \cdots + w_{2N}z_N(t-k) \\ \vdots \\ w_{N1}z_1(t-k) + \cdots + w_{NN-1}z_{N-1}(t-k) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$+ \begin{bmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

jika  $v_i(t) = \sum_{j=1}^N w_{ij} Z_j(t)$ , maka persamaan (2.13) dapat dituliskan:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ \vdots \\ z_N(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \Phi_{k0}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Phi_{k0}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \Phi_{k0}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-k) \\ z_2(t-k) \\ \vdots \\ z_N(t-k) \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} \Phi_{kl}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Phi_{kl}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \Phi_{kl}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1(t-k) \\ v_2(t-k) \\ \vdots \\ v_n(t-k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} z_1(1) \\ z_1(2) \\ \vdots \\ z_1(t) \\ \vdots \\ z_N(1) \\ z_N(2) \\ \vdots \\ z_N(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} z_1(t-k) & v_1(t-k) & \cdots & 0 \\ z_1(t-k) & v_1(t-k) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ z_1(t-k) & v_1(t-k) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & v_N(t-k) \\ 0 & 0 & \cdots & v_N(t-k) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & v_N(t-k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_{k0}^1 \\ \Phi_{k0}^2 \\ \vdots \\ \Phi_{k0}^N \\ \Phi_{kl}^1 \\ \Phi_{kl}^2 \\ \vdots \\ \Phi_{kl}^N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1(1) \\ \varepsilon_1(2) \\ \vdots \\ \varepsilon_1(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(1) \\ \varepsilon_N(2) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) dapat dinyatakan dalam bentuk model linier sebagai berikut:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}^* \mathbf{\Phi} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.15)$$

Dengan:



$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_1(1) \\ z_1(2) \\ \vdots \\ z_1(t) \\ \vdots \\ z_N(1) \\ z_N(2) \\ \vdots \\ z_N(t) \end{bmatrix}, \mathbf{Z}^* = \begin{bmatrix} z_1(t-k) & v_1(t-k) & \cdots & 0 \\ z_1(t-k) & v_1(t-k) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ z_1(t-k) & v_1(t-k) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & v_N(t-k) \\ 0 & 0 & \cdots & v_N(t-k) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & v_N(t-k) \end{bmatrix},$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} \Phi_{k0}^1 \\ \Phi_{k0}^2 \\ \vdots \\ \Phi_{k0}^N \\ \vdots \\ \Phi_{kl}^1 \\ \Phi_{kl}^2 \\ \vdots \\ \Phi_{kl}^N \end{bmatrix}, \text{ dan } \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1(1) \\ \varepsilon_1(2) \\ \vdots \\ \varepsilon_1(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(1) \\ \varepsilon_N(2) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{bmatrix}$$

Dari Persamaan (2.15), estimasi parameter dengan metode OLS digunakan dengan meminimumkan jumlah kuadrat terkecilnya sehingga diperoleh [17]:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\varepsilon} &= \mathbf{Z} - \mathbf{Z}^* \Phi \\ \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} &= (\mathbf{Z} - \mathbf{Z}^* \Phi)' (\mathbf{Z} - \mathbf{Z}^* \Phi) \\ \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} &= (\mathbf{Z}' - \Phi' \mathbf{Z}^{*'}) (\mathbf{Z} - \mathbf{Z}^* \Phi) \\ \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} &= \mathbf{Z}' \mathbf{Z} - \mathbf{Z}' \mathbf{Z}^* \Phi - \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z} + \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z}^* \Phi \end{aligned} \quad (2.16)$$

Karena Persamaan (2.16) merupakan persamaan skalar, maka komponen-komponennya juga skalar. Karena transpose skalar tidak merubah nilai skalar, maka Persamaan (2.16) menjadi:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} &= \mathbf{Z}' \mathbf{Z} - (\mathbf{Z}' \mathbf{Z}^* \Phi)' - \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z} + \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z}^* \Phi \\ \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} &= \mathbf{Z}' \mathbf{Z} - \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z} - \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z} + \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z}^* \Phi \\ \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} &= \mathbf{Z}' \mathbf{Z} - 2\Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z} + \Phi' \mathbf{Z}^{*'} \mathbf{Z}^* \Phi \end{aligned} \quad (2.17)$$

Untuk meminimumkan sebuah fungsi dilakukan dengan menyamakan turunan pertamanya dengan nol. Maka dilakukan

penurunan parsial pertama dari Persamaan (2.17) sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \frac{d(\varepsilon'\varepsilon)}{d\Phi} &= \mathbf{0} - 2\mathbf{Z}\mathbf{Z}^*\mathbf{Z} + \mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*\Phi + (\Phi'\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*)' = \mathbf{0} \\
 -2\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z} + \mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*\Phi + (\Phi'\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*)' &= \mathbf{0} \\
 -2\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z} + \mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*\Phi + \mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*\Phi &= \mathbf{0} \\
 -2\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z} + 2\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*\Phi &= \mathbf{0} \\
 \mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*\Phi &= \mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z} \\
 \hat{\Phi} &= (\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}^*)^{-1}(\mathbf{Z}^{*'}\mathbf{Z}) \quad (2.18)
 \end{aligned}$$

Persamaan (2.18) disebut sebagai penaksir (*estimator*) parameter  $\Phi$  secara kuadrat terkecil atau yang disebut *Ordinary Least Square* (OLS).

Setelah didapatkan nilai estimasi dari masing-masing parameter selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi untuk mengetahui apakah model layak atau tidak untuk digunakan. Untuk pengujian signifikansi parameter dengan uji t.

Hipotesis:

$H_0$  : estimasi parameter = 0 (parameter model tidak signifikan)

$H_1$  : estimasi parameter  $\neq$  0 (parameter model signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\text{estimasi parameter}}{\text{st.deviasi parameter}}, \text{ st. deviasi parameter} \neq 0 \quad (2.19)$$

Kriteria Pengujian:

$\alpha = 5\% = 0,05$ , jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-nk}$ , maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan. Dan  $n$  adalah jumlah observasi dan  $nk$  adalah jumlah variabel. Untuk  $t_{\frac{\alpha}{2}, n}$  diperoleh dari Tabel Distribusi t yang terlampir pada Lampiran 1.

## 2.6 Diagnostic Checking Model GSTAR

Dalam melakukan uji kesesuaian model diperlukan asumsi-asumsi untuk mengetahui kadar galat (residual). Asumsi-asumsi

tersebut meliputi asumsi *white noise* dan asumsi multinormal residual [15].

### 2.6.1 White Noise Residual

Uji *white noise* dilakukan dengan cara memodelkan ulang residual yang didapatkan dari pemodelan. Pendeteksian *white noise* residual dapat dilakukan dengan melihat plot MACF. Jika tidak terdapat nilai korelasi silang pada lag yang keluar secara bersama-sama melampaui batas standar dari masing-masing variabel, maka dapat dikatakan bahwa hasil residual saling bebas satu sama lain atau *white noise* [18].

### 2.6.2 Uji Distribusi Multinormal

Vektor  $\mathbf{X}' = [X_1, X_2, \dots, X_N]$  dikatakan berdistribusi normal *multivariate* jika mempunyai *probability density function* :

$$f(X_1, X_2, \dots, X_N) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{N}{2}} |\Sigma|^{\frac{N}{2}}} e^{-(\mathbf{X}-\boldsymbol{\mu})' \Sigma^{-1} (\mathbf{X}-\boldsymbol{\mu})/2} \quad (2.20)$$

dengan:

$\boldsymbol{\mu}$  adalah vektor rata-rata dari  $\mathbf{X}$ ,

$\Sigma$  adalah matriks *varians covarians* dari  $\mathbf{X}$ ,

$N$  adalah banyaknya variabel yang diamati.

Jika  $X_1, X_2, \dots, X_N$  berdistribusi normal *multivariat*, maka  $(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})' \Sigma^{-1} (\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})$  berdistribusi  $\chi_N^2$ . Berdasarkan sifat ini maka pemeriksaan distribusi multinormal dapat dilakukan dengan cara membuat *q-q plot* dari nilai:

$$d_t^2 = (\mathbf{X}_{ti} - \bar{\mathbf{X}}_t)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{ti} - \bar{\mathbf{X}}_t), \quad t = 1, 2, \dots, n, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2.21)$$

dengan:

$\mathbf{X}_{ti}$  adalah data sampel pada variabel ke- $i$  pada saat ke- $t$ ,

$d_t^2$  adalah vektor jarak Mahalanobis pada saat ke- $t$ ,

$\bar{\mathbf{X}}_t$  adalah vektor rata-rata pada saat ke- $t$ ,

$\mathbf{S}$  adalah matriks varians-kovarians dari data sampel,  
 $n$  adalah banyak data yang diamati.

Tahapan dari pembuatan  $q$ - $q$  plot ini adalah sebagai berikut:

1. Mulai,
2. Tentukan nilai vektor rata-rata :  $\bar{\mathbf{X}}_t$ ,
3. Tentukan nilai matriks varians-kovarians :  $\mathbf{S}$  berukuran  $N \times N$ ,
4. Tentukan nilai jarak Mahalanobis setiap titik pengamatan dengan vektor rata-ratanya,
5. Urutkan nilai  $d_t^2$  dari kecil ke besar sedemikian hingga  $d_1^2 \leq d_2^2 \leq d_3^2 \leq d_4^2 \leq \dots \leq d_n^2$ ,
6. Tentukan nilai  $p_i = \frac{i - 1/2}{n}, i = 1, \dots, n$
7. Tentukan nilai  $q_i$  sedemikian hingga  $\int_{-\infty}^{q_i} f(\chi^2) d\chi^2 = p_i$
8. Buat *scatter-plot* dengan  $q_i$ ,
9. Jika *scatter-plot* ini cenderung membentuk garis lurus maka residual memenuhi asumsi multinormal,
10. Selesai

Implementasi pembuatan  $q$ - $q$  plot dari Persamaan (2.20) dan Persamaan (2.21) dalam makro Minitab disajikan pada Lampiran 2 [19].

## 2.7 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan berdasarkan kriteria *out-sample*. Kriteria *out-sample* yang akan digunakan adalah *Root Mean Square Error* (RMSE).

RMSE adalah ukuran perbedaan antara nilai prediksi dari model dengan nilai sebenarnya dari observasi. RMSE digunakan untuk memperoleh gambaran keseluruhan standar deviasi yang muncul ketika terjadi perbedaan antar model. Untuk mengetahui besarnya nilai RMSE, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z(t) - \hat{Z}(t))^2} \quad (2.22)$$

dengan:

- $n$  adalah banyak ramalan yang dilakukan.
- $Z(t)$  adalah data faktual pada waktu ke- $t$ .
- $\hat{Z}(t)$  adalah data peramalan pada waktu ke- $t$ .

Model terbaik dapat dipilih dengan melihat nilai RMSE. Model dengan nilai RMSE lebih kecil akan lebih baik dibandingkan dengan model dengan nilai RMSE yang lebih besar [18].

## 2.8 Estimasi Filter Kalman

Secara dasar Filter Kalman adalah sebuah estimator. Filter Kalman melakukan estimasi terhadap perubahan *state* karena gangguan dari *noise*. Kata "filter" berarti metode ini melakukan filter terhadap gangguan *noise* pada sistem. Jadi tujuan digunakannya Filter Kalman pada sistem kontrol adalah untuk melakukan estimasi terhadap *state* pada sistem [20].

Filter Kalman sudah mulai digunakan lebih dari 50 tahun yang lalu, namun masih menjadi salah satu algoritma yang paling penting di masa sekarang. Filter Kalman diambil dari nama penemunya, yaitu Rudolf E. Kalman [21].

Filter Kalman digunakan pada permasalahan yang umum untuk mengestimasi *state*  $x \in \mathbb{R}^n$  pada sistem waktu diskret linear stokastik. Pada estimasi Filter Kalman diasumsikan bahwa sistem pada waktu  $t$  yang dipengaruhi dari keadaan sebelumnya, yaitu waktu  $t - 1$  menurut persamaan:

$$x_t = A_t x_{t-1} + B_t u_t + q_t$$

dengan:

- $x_t$  adalah vektor yang mengandung batas dari sistem yang diamati waktu  $t$ .
- $u_t$  adalah vektor yang mengandung beberapa input kontrol.

- $A_t$  adalah matriks transisi yang menggunakan pengaruh dari masing-masing parameter sistem keadaan waktu  $t - 1$  pada sistem keadaan waktu  $t$ .
- $B_t$  adalah matriks input kontrol yang menggunakan pengaruh dari masing-masing parameter input kontrol pada vektor  $u_t$  pada vektor keadaan.
- $q_t$  adalah vektor yang mengandung proses batas *noise* untuk setiap parameter di vektor keadaan. Asumsikan proses *noise* diambil dari mean nol yang berdistribusi normal multivariat dengan kovarians yang diberikan oleh matriks kovarians  $Q_t$ .

Dengan  $c \in \mathbb{R}^m$ , pengukuran sistem juga dapat ditunjukkan dengan model berikut:

$$c_t = H_t x_t + h_t$$

dengan:

- $c_t$  adalah vektor pengukuran.
- $H_t$  adalah matriks transformasi yang memetakan parameter vektor keadaan ke domain pengukuran.
- $h_t$  adalah vektor yang mengandung batas pengukuran *noise* untuk setiap pengamatan dalam vektor pengukuran [20].

Variabel acak dari  $q_t$  dan  $h_t$  menunjukkan proses dan pengukuran *noise*. Keduanya diasumsikan independen (satu sama lain), *white*, dan berdistribusi normal atau dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q_t \sim N(0, Q)$$

$$h_t \sim N(0, R)$$

Pada Tabel 2.2 menunjukkan algoritma Filter Kalman yang terdiri dari 4 bagian. Bagian pertama memberikan suatu model sistem dan model pengukuran. Bagian kedua memberikan nilai awal (inisialisasi). Bagian ketiga merupakan tahap prediksi dan keempat adalah tahap koreksi namun secara umum Filter Kalman hanya terdiri dari 2 tahap yaitu tahap prediksi dan tahap koreksi.

Pada Filter Kalman, estimasi dilakukan dengan dua tahapan, yaitu tahap prediksi (*time update*) dan tahap koreksi (*measurement update*). Tahap prediksi (*time update*) memprediksi variabel keadaan berdasarkan sistem dinamik dengan menggunakan persamaan estimasi variabel keadaan. Tingkat akurasiya dihitung menggunakan persamaan kovariansi error.

Tabel 2.2 Algoritma Filter Kalman

Model Sistem dan Model Pengukuran
$\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{A}_t \mathbf{x}_t + \mathbf{B}_t \mathbf{u}_t + \mathbf{G}_t \mathbf{q}_t$ $\mathbf{c}_t = \mathbf{M} \mathbf{x}_t + \mathbf{h}_t$ $\mathbf{x}_0 \sim N(\bar{\mathbf{x}}_0, \mathbf{P}_{x0}); \mathbf{q}_t \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{Q}_t); \mathbf{h}_t \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R}_t)$
Inisialisasi
$\hat{\mathbf{x}}_0 = \bar{\mathbf{x}}_0$ $\mathbf{P}_0 = \mathbf{P}_{x0}$
Tahap Prediksi
Estimasi : $\hat{\mathbf{x}}_{t+1}^- = \mathbf{A}_t \hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B}_t \mathbf{u}_t$ Kovariansi Error : $\mathbf{P}_t^- = \mathbf{A}_t \mathbf{P}_t \mathbf{A}_t^T + \mathbf{G}_t \mathbf{Q}_t \mathbf{G}_t^T$
Tahap Koreksi
Kalman Gain : $\mathbf{K}_{t+1} = \mathbf{P}_{t+1}^- \mathbf{M}_{t+1}^T (\mathbf{M}_{t+1} \mathbf{P}_{t+1}^- \mathbf{M}_{t+1}^T + \mathbf{R}_{t+1})^{-1}$ Estimasi : $\hat{\mathbf{x}}_{t+1} = \hat{\mathbf{x}}_{t+1}^- + \mathbf{K}_{t+1} (\mathbf{Z}_{t+1} - \mathbf{M}_{t+1} \hat{\mathbf{x}}_{t+1}^-)$ Kovariansi Error : $\mathbf{P}_{t+1} = [\mathbf{I} - \mathbf{K}_{t+1} \mathbf{M}_{t+1}] \mathbf{P}_{t+1}^-$

Sedangkan tahap koreksi (*measurement update*) mengoreksi variabel keadaan terhadap data-data pengukuran untuk memperbaiki hasil estimasi. Pada tahap koreksi, hasil estimasi variabel keadaan yang diperoleh pada tahap prediksi dikoreksi menggunakan data pengukuran. Salah satu bagian dari tahap ini

yaitu menentukan matriks *Kalman Gain* yang digunakan untuk meminimumkan kovariansi *error*.

Tahap prediksi dan tahap koreksi dilakukan dengan cara meminimumkan kovariansi kesalahan estimasi  $x_t - \hat{x}_t$ . Dengan  $x_t$  merupakan variabel keadaan sebenarnya dan  $\hat{x}_t$  merupakan estimasi dari variabel keadaan [21].



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai metode yang digunakan dalam Tugas Akhir agar proses pengerjaan dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### **3.1 Metode Analisis**

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif untuk memberikan gambaran inflasi yang berada di tiga kota di Jawa Timur. Selain itu, dilakukan analisis inferensi berupa pengujian model yang dibentuk, serta melakukan peramalan berdasarkan model yang terbaik. Dalam estimasi parameter, menggunakan menggunakan metode OLS dan Filter Kalman.

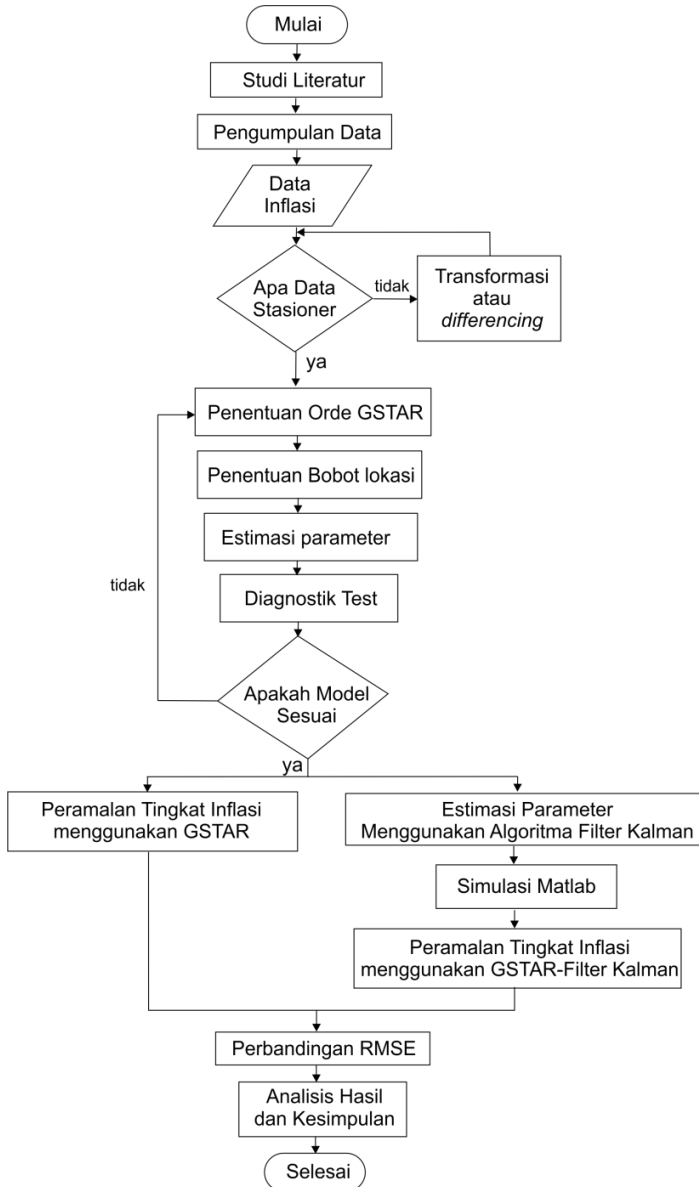
#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Data yang digunakan adalah data sekunder inflasi *month to month* dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur, mulai bulan Januari 2010 hingga Desember 2016, sejumlah 84 data. Sejumlah data dibagi menjadi data *in-sample* dan data *out-sample* dengan rincian:

1. *In-sample* merupakan data tingkat inflasi mulai dari bulan Januari 2010 hingga Desember 2015 sejumlah 72 data.
2. *Out-sample* merupakan data tingkat inflasi mulai dari bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 sejumlah 12 data.

Data yang telah diperoleh diolah melalui beberapa langkah, di antaranya:

1. Identifikasi model GSTAR dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Memeriksa Kestasioneran data terhadap ragam (varian) dan rata-rata (*mean*).
  - b. Menentukan Orde GSTAR.



Gambar 3.1 Tahapan penelitian dengan metode GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman

- c. Penerapan bobot lokasi pada GSTAR menggunakan bobot invers jarak.
2. Melakukan estimasi parameter model GSTAR menggunakan OLS dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Mengestimasi parameter GSTAR.
  - b. Melakukan uji signifikansi parameter GSTAR.
3. Melakukan *Diagnostic Checking Model* GSTAR menggunakan uji asumsi *white noise* dan asumsi Multinormal.
4. Estimasi Parameter Menggunakan Filter Kalman.

Setelah mendapatkan model GSTAR ( $P_1$ ), dilakukan estimasi parameter menggunakan algoritma Filter Kalman dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan model sistem dan model pengukuran.
- b. Inisialisasi.
- c. Tahap prediksi.
- d. Tahap koreksi.

Secara umum, Filter Kalman hanya terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap prediksi dan koreksi. Pada Filter Kalman, tahap prediksi memprediksi variabel keadaan berdasarkan sistem dinamik yang disebut tahap prediksi (*time update*) Tahap koreksi (*measurement update*) mengoreksi hasil prediksi terhadap data-data pengukuran untuk memperbaiki hasil estimasi. Tahap prediksi dipengaruhi oleh dinamika sistem dengan memprediksi variabel keadaan dengan menggunakan persamaan estimasi variabel keadaan dan tingkat akurasi dihitung menggunakan persamaan kovariansi *error*.

Pada tahap koreksi, hasil estimasi variabel keadaan yang diperoleh pada tahap prediksi dikoreksi menggunakan data pengukuran. Salah satu bagian dari tahap ini yaitu menentukan matriks *Kalman Gain* yang digunakan untuk meminimumkan kovariansi *error*. Tahap prediksi dan koreksi dilakukan dengan cara meminimumkan kovariansi kesalahan estimasi  $x_t - \hat{x}_t$ ,  $x_k$

merupakan variabel keadaan sebenarnya dan  $\hat{x}_k$  merupakan estimasi dari variabel keadaan.

Untuk proses simulasi estimasi parameter menggunakan Filter Kalman dilakukan dengan bantuan *software* Matlab. Selanjutnya dilakukan peramalan tingkat inflasi menggunakan GSTAR-Filter Kalman.

5. Pemilihan model terbaik dengan membandingkan hasil peramalan menggunakan metode GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman. Hal ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai RMSE keduanya. Model dengan nilai RMSE terkecil dipilih sebagai model terbaik.

Tahapan-tahapan penelitian tersebut direpresentasikan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai langkah-langkah dalam penerapan GSTAR dan Filter Kalman dalam perbaikan hasil peramalan tingkat inflasi di beberapa kota di Jawa Timur.

#### 4.1 Variabel dalam Penelitian

Pada penelitian Tugas Akhir ini, data yang digunakan adalah data bulanan tingkat inflasi di beberapa kota di Jawa Timur, yaitu Kota Malang, Probolinggo, dan Surabaya. Data yang digunakan sebanyak 84 data di setiap lokasi yang diperoleh penulis dari *website* BPS Jawa Timur. Data yang diperoleh kemudian dibagi menjadi 2 bagian, yaitu data *in-sample* dan *out-sample*. Data *in-sample* yang digunakan untuk membentuk model sejumlah 72 data (Januari 2010-Desember 2015) di setiap kota. Sedangkan data *out-sample* yang digunakan untuk mengecek ketepatan model sejumlah 12 data (Januari 2016-Desember 2016) di setiap kota.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu data tingkat inflasi di ketiga kota, yaitu Kota Malang  $S_1(t)$ , Kota Probolinggo  $S_2(t)$ , dan Kota Surabaya  $S_3(t)$ . Data tingkat inflasi  $S_1(t)$ ,  $S_2(t)$ , dan  $S_3(t)$  akan dilampirkan pada Lampiran 3. Berdasarkan Persamaan (2.1) sampai dengan Persamaan (2.4) diperoleh *descriptive statistics* dari ketiga data tingkat inflasi secara umum ditampilkan pada Tabel 4.1.

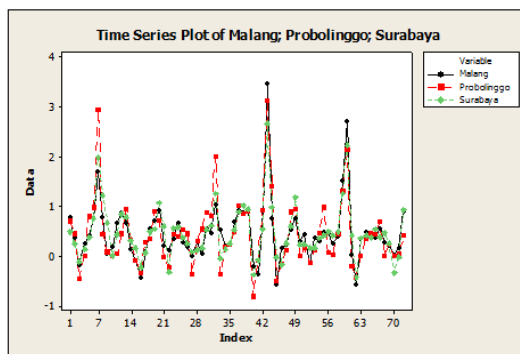
Berdasarkan Tabel 4.1, diperlihatkan bahwa rata-rata inflasi selama periode Januari 2010-Desember 2016 di ketiga kota tersebut tidak jauh berbeda. Rata-rata tingkat inflasi tertinggi berada di Kota Surabaya yang tercatat sebesar 0.4783% yang diikuti Kota Malang dengan rata-rata sebesar 0.4733. Sedangkan rata-rata tingkat inflasi terendah berada di Kota Probolinggo, yaitu sebesar 0,4506%.

Tingkat inflasi terendah terjadi pada wilayah Probolinggo yang mengalami deflasi sebesar 0.82% pada April 2013, sedangkan tingkat inflasi tertinggi terjadi di Kota Malang sebesar 3.49% pada Juli 2013. Berdasarkan pola persebarannya, fluktuasi tertinggi berada di Kota Probolinggo, di mana persebaran data terhadap rata-rata tingkat inflasinya atau tingkat deviasinya sebesar 0.0818 sedangkan fluktuasi terendah terjadi di Kota Surabaya dengan tingkat deviasinya sebesar 0.0646. Hasil *output* minitab dari *descriptive statistic* data tingkat inflasi terlampir pada Lampiran 4.

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Data tingkat Inflasi di tiga kota di Jawa Timur

Kota	<i>Mean</i>	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
$S_1(t)$	0.4733	0.0723	-0.5700	3.4900
$S_2(t)$	0.4506	0.0818	-0.8200	3.1300
$S_3(t)$	0.4783	0.0646	-0.4200	2.6700

Sedangkan plot *time series* tingkat inflasi di ketiga kota dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Data Tingkat Inflasi Kota Malang, Probolinggo, dan Surabaya

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat kesamaan pola tingkat inflasi di ketiga kota. Hal ini diidentifikasi adanya kecenderungan saling memengaruhi antar kota. Untuk mengetahui kecenderungan saling mempengaruhi antar ketiga kota dapat dilihat dari koefisien korelasinya yang diperoleh dari Persamaan (2.5) dan ditunjukkan pada Tabel 4.2

Berdasarkan Tabel 4.2, ketiga kota memiliki korelasi yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai korelasi di ketiga kota mendekati 1. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat keterkaitan antar ketiga kota.

Tabel 4.2 Koefisien korelasi ketiga Kota

	Nilai Korelasi		
	$S_1(t)$	$S_2(t)$	$S_3(t)$
$S_1(t)$	1	0.868	0.913
$S_2(t)$	0.868	1	0.881
$S_3(t)$	0.913	0.881	1

Untuk menguji signifikansi dari koefisien korelasi sederhana, akan dilakukan uji-t dengan uji sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : r_{12} = 0$  (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : r_{12} \neq 0$  (ada korelasi antar variabel)

Statistik Uji:

Menggunakan Persamaan (2.6) dapat diperoleh  $t_{hitung}$  sebagai berikut:

$$t_{hitung} = 0.868 \sqrt{\frac{70}{1-(0.868)^2}} = 0.868 \times 16.84898 = 14.62491$$

$$t_{tabel} = t_{2,5\%;216} = 1.97$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 5\%$ , karena  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak artinya ada korelasi antar variabel.

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan  $t_{hitung}$  untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antar variabel yang lain, yaitu korelasi antara kota Malang dan Surabaya ( $r_{13}$ ) dan korelasi antara Kota Probolinggo dan Kota Surabaya ( $r_{23}$ ). Hasil uji-t untuk semua nilai korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  untuk ketiga kota. Hal ini menunjukkan adanya korelasi antar kota. Karena memiliki keterkaitan waktu dan kota, maka dapat digunakan metode GSTAR untuk meramalkan tingkat inflasi di Kota Malang, Probolinggo, dan Surabaya

Tabel 4.3 Hasil Uji Korelasi

Korelasi	$t_{hitung}$	$t_{tabel}$	Kriteria Pengujian	Kesimpulan
$r_{12}$	14.62491	1.97	$H_0$ ditolak	korelasi
$r_{13}$	19.72432	1.97	$H_0$ ditolak	korelasi
$r_{23}$	15.57975	1.97	$H_0$ ditolak	korelasi

Hasil *output* minitab dari koefisien korelasi dan hasil uji korelasi data tingkat inflasi ketiga Kota terlampir pada Lampiran 5.

## 4.2 Identifikasi Model GSTAR

Langkah awal yang dilakukan sebelum membentuk model GSTAR adalah mengecek kestasioneran data terhadap *mean* dan *varians*. Jika data tidak stasioner terhadap *mean* maka dilakukan *differencing*. Dan jika data tidak stasioner terhadap *varians* maka dilakukan transformasi.

Kestasioneran data pada model *multivariate time series* juga dapat dilihat dari plot MACF dan MPACF serta plot Box-Cox. Plot Box-Cox digunakan untuk mengidentifikasi kestasioneran data terhadap *varians*. Sedangkan Plot MACF dan MPACF digunakan untuk mengidentifikasi kestasioneran terhadap *mean*.



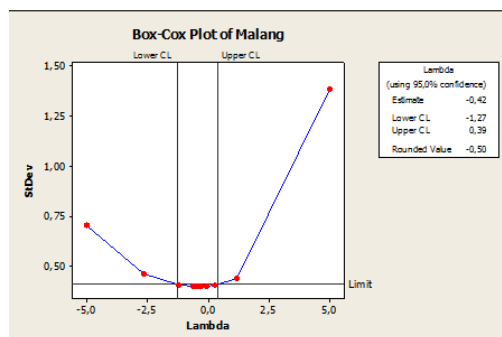
Karena data tingkat inflasi di beberapa kota di Jawa Timur mengandung data yang kurang dari 0, maka perlu dilakukan penambahan konstanta ( $c$ ). Sehingga diperoleh  $U_1(t) = S_1(t) + c$ ,  $U_2(t) = S_2(t) + c$ , dan  $U_3(t) = S_3(t) + c$ .

Setelah dilakukan penambahan konstanta, maka dapat dilakukan transformasi Box-Cox. Hasil Box-Cox yang ditampilkan pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai *rounded value* atau Lambda pada masing-masing kota berbeda-beda dan belum memuat nilai satu. Hal ini menunjukkan bahwa data tingkat inflasi di ketiga kota masih belum stasioner terhadap *varians*. Oleh karena itu perlu dilakukan transformasi berdasarkan nilai Box-Cox.

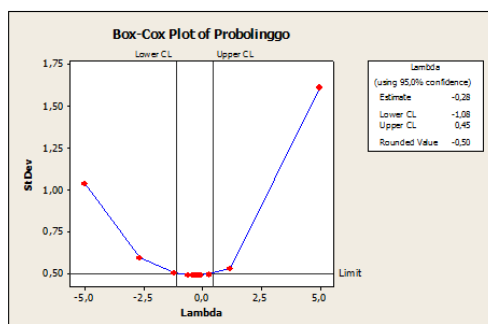
Berdasarkan Tabel 2.1, maka transformasi pada Kota Malang adalah  $Z_1(t) = (U_1(t))^{-0.5}$ ,  $V_2(t) = (U_2(t))^{-0.5}$  dan  $Z_3(t) = (U_2(t))^{-0.5}$ . Setelah dilakukan transformasi satu kali, Kota Malang dan Surabaya sudah stasioner terhadap varian karena *rounded value* sama dengan 1. Sedangkan untuk Kota Probolinggo masih belum stasioner terhadap *varians* karena *rounded value* tidak sama dengan 1. Maka perlu dilakukan transformasi kembali untuk data tingkat inflasi Kota Probolinggo. Proses transformasi dapat dilihat pada Lampiran 6.

Setelah dilakukan transformasi untuk data di ketiga kota, maka hasil plot Box-Cox ditampilkan pada Gambar 4.3. Dari Gambar 4.3 diketahui bahwa data tingkat inflasi di tiga kota sudah stasioner terhadap *varians*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *rounded value* di ketiga kota sama dengan 1. Dan hasil transformasi diketahui  $Z_1(t) = (U_1(t))^{-0.5}$ ,  $Z_2(t) = (V_2(t))^{0.5}$ , dan  $Z_3(t) = (U_3(t))^{0.5}$ .

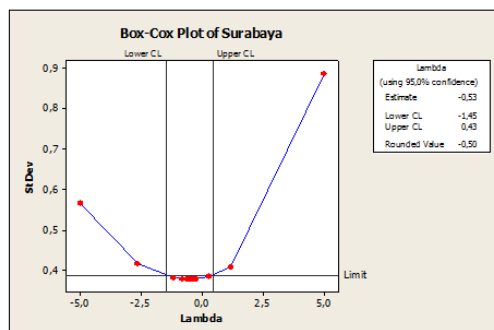
Langkah selanjutnya adalah menguji keastasioneran data terhadap mean. Plot MACF dapat digunakan untuk mengidentifikasi kestasioneran data terhadap mean. Hasil plot MACF dapat dilihat pada Gambar 4.4.



[a]



[b]

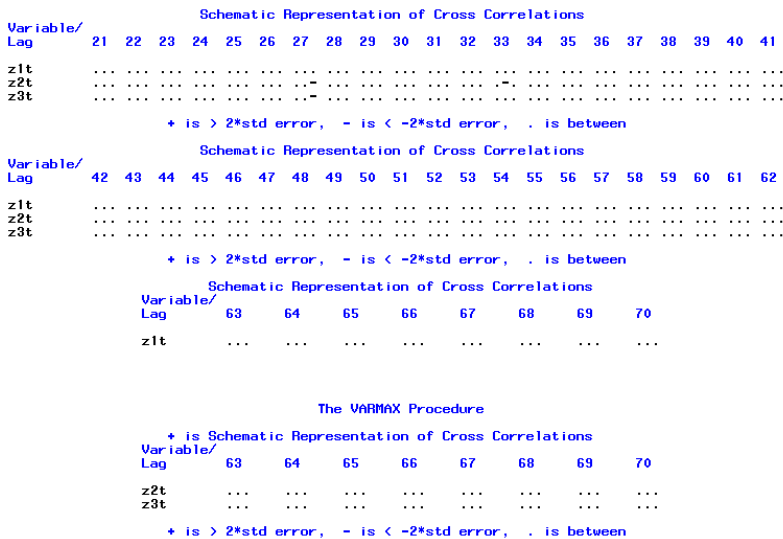


[c]

Gambar 4.2 Box-Cox untuk Data Tingkat Inflasi

[a] Kota Malang, [b] Kota Probolinggo, dan [c] Kota Surabaya

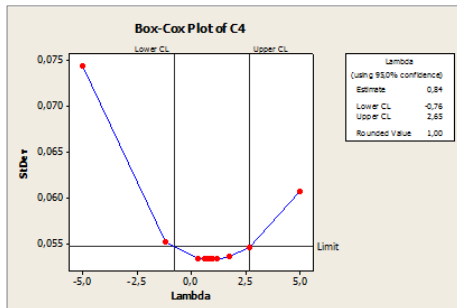
Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa data sudah stasioner terhadap mean. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya simbol (.) yang muncul dibandingkan dengan simbol (+) dan (-). Simbol (+) menunjukkan bahwa hubungan korelasi positif 2 kali lebih besar dari standar *error*. Sedangkan simbol (.) menunjukkan bahwa tidak ada hubungan korelasi yang nilainya berada di antara  $\pm 2$  kali standar *error*.



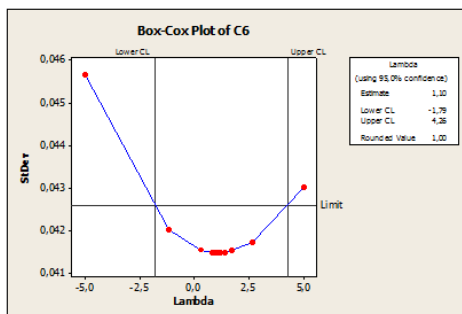
Gambar 4.4 Plot MACF pada Data Tingkat Inflasi di Ketiga Kota

Setelah data memenuhi stasioneritas terhadap mean dan varians, maka selanjutnya dilakukan penentuan orde GSTAR dengan model VAR.

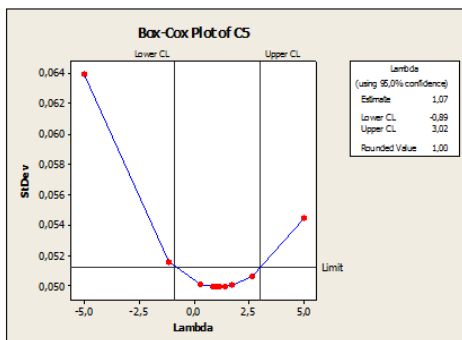
Pengidentifikasi orde model VAR ditentukan dengan melihat skema MPACF. Berbagai kemungkinan orde yang terbentuk dari hasil identifikasi pada skema MPACF, maka untuk memilih orde GSTAR yang digunakan ditentukan berdasarkan nilai SBC yang terkecil.



[a]



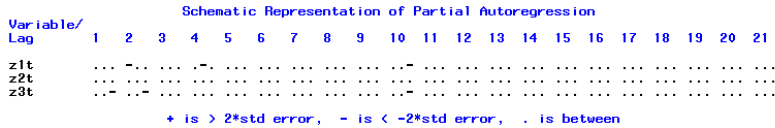
[b]



[c]

Gambar 4.3 Box-Cox untuk Data Tingkat Inflasi Setelah Stasioner terhadap Varian

[a] Kota Malang, [b] Kota Probolinggo, dan [c] Kota Surabaya



Gambar 4.5 Skema MPACF Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota

Berdasarkan skema Plot MPACF pada Gambar 4.5 terlihat bahwa tanda positif (+) atau negatif (-) muncul di beberapa *lag* secara bersamaan, yaitu pada *lag* ke-1,2,3,4, dan 10. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa kemungkinan model berdasarkan *lag-lag* tersebut. Maka dilakukan identifikasi nilai SBC untuk memilih orde GSTAR terbaik. Dengan menggunakan Persamaan (2.11), hasil perhitungan SBC pada data tingkat inflasi di tiga kota dapat dilihat pada Gambar 4.6

Minimum Information Criterion Based on SBC

Lag	MA 0	MA 1	MA 2	MA 3
AR 0	-17.76274	-18.14057	-18.08213	-17.95279
AR 1	-17.85476	-18.01272	-17.97688	-17.84155
AR 2	-18.31683	-18.3468	-18.10132	-17.97803
AR 3	-18.25295	-18.43643	-18.1165	-17.79526
AR 4	-18.25391	-18.28502	-17.99319	-17.80349
AR 5	-17.97148	-18.1813	-17.87518	-17.5789
AR 6	-17.82173	-17.56542	-17.24255	-16.92786
AR 7	-17.44618	-17.27322	-16.68838	-16.3824
AR 8	-17.1605	-16.90232	-16.31045	-15.71857
AR 9	-16.85751	-16.67193	-16.07282	-15.47372
AR 10	-16.65356	-16.44454	-15.83802	-15.2315

Gambar 4.6 Nilai SBC pada Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota

Berdasarkan Gambar 4.6 nilai SBC yang terkecil untuk orde MA 0 terdapat pada *lag* 2, sedangkan jika dilihat secara keseluruhan nilai SBC terkecil terdapat pada orde MA 1 dan AR 3. Akan tetapi karena model GSTAR hanya memuat model AR, maka model ditetapkan berdasarkan nilai SBC pada orde MA 0, yang menunjukkan orde AR 2 ( $p = 2$ ). Sebagaimana disebutkan sebelumnya, orde spasial adalah orde satu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa orde GSTAR pada data tingkat inflasi di tiga

kota adalah GSTAR(2<sub>1</sub>). Berdasarkan persamaan (2.12) model GSTAR(2<sub>1</sub>) dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \Phi_{10}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{10}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{10}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{11}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{11}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{11}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} \\ w_{21} & 0 & w_{23} \\ w_{31} & w_{32} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{20}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{20}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{20}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{21}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{21}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{21}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} \\ w_{21} & 0 & w_{23} \\ w_{31} & w_{32} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

### 4.3 Estimasi dan Pengujian Parameter

Pemodelan GSTAR untuk data tingkat inflasi di tiga kota di Jawa Timur menggunakan metode OLS dengan bobot kota invers jarak. Pemodelan dengan menggunakan bobot invers jarak mengasumsikan bahwa tingkat inflasi suatu wilayah dipengaruhi oleh jarak antar kota tersebut dengan kota lainnya. Jarak antara dua kota yang berjauhan cenderung memiliki bobot yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak antara dua kota yang lebih berdekatan. Jarak antar kota dapat dilihat pada Tabel 4.4. Jarak antar kota diperoleh dari *website* jarakantarkota.com.

Tabel 4.4 Jarak antar Kota

Kota	Jarak (km)
Malang-Probolinggo	90.2 km
Malang-Surabaya	95.7 km
Probolinggo-Surabaya	103.9 km

Diasumsikan jarak antar kota adalah  $b_{ij}$ , dimana pada penelitian ini  $b_{ij}$  dan  $b_{ji}$  dianggap sama atau  $b_{ij} = b_{ji}$ . Dan  $b_{ij} = 0$  saat  $i = j$ .

Jarak antar kota didefinisikan,

$b_{12}$  : jarak antara Malang dan Probolinggo

$b_{13}$  : jarak antara Malang dan Surabaya

$b_{23}$  : jarak antara Probolinggo dan Surabaya

$$b_{12} = 90,2 \rightarrow \frac{1}{b_{12}} = \frac{1}{90,2} = 0,011086475$$

$$b_{13} = 95,7 \rightarrow \frac{1}{b_{13}} = \frac{1}{95,7} = 0,101449321$$

$$b_{23} = 103,9 \rightarrow \frac{1}{b_{23}} = \frac{1}{103,9} = 0,00962639$$

Berdasarkan persamaan (2.9) dan (2.10), maka matriks bobot invers jarak ( $W$ ) untuk tiga kota di Jawa Timur dapat dihitung:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} \\ w_{21} & 0 & w_{23} \\ w_{31} & w_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\frac{1}{b_{12}}}{\frac{1}{b_{11}} + \frac{1}{b_{12}} + \frac{1}{b_{13}}} & \frac{\frac{1}{b_{13}}}{\frac{1}{b_{11}} + \frac{1}{b_{12}} + \frac{1}{b_{13}}} \\ \frac{\frac{1}{b_{21}}}{\frac{1}{b_{21}} + \frac{1}{b_{22}} + \frac{1}{b_{23}}} & 0 & \frac{\frac{1}{b_{23}}}{\frac{1}{b_{21}} + \frac{1}{b_{22}} + \frac{1}{b_{23}}} \\ \frac{\frac{1}{b_{31}}}{\frac{1}{b_{31}} + \frac{1}{b_{32}} + \frac{1}{b_{33}}} & \frac{\frac{1}{b_{32}}}{\frac{1}{b_{31}} + \frac{1}{b_{32}} + \frac{1}{b_{33}}} & 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga diperoleh

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,5148 & 0,4852 \\ 0,5353 & 0 & 0,4647 \\ 0,5205 & 0,4795 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya sesuai persamaan (4.1), matriks pembobot ( $W$ ) dimasukkan dalam model GSTAR. Sehingga diperoleh model GSTAR(2<sub>1</sub>) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \Phi_{10}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{10}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{10}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{11}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{11}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{11}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,5148 & 0,4852 \\ 0,5353 & 0 & 0,4647 \\ 0,5205 & 0,4795 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{20}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{20}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{20}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \Phi_{21}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{21}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{21}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,5148 & 0,4852 \\ 0,5353 & 0 & 0,4647 \\ 0,5205 & 0,4795 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} + \\
 &\begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Dari Persamaan (4.2) dilakukan estimasi parameter dengan menggunakan metode OLS sesuai Persamaan (2.18). Setelah itu dilakukan uji signifikansi parameter menggunakan uji-t sebagai berikut:

1. Menguji parameter  $\Phi_{10}^1$

Hipotesis:

$H_0 : \Phi_{10}^1 = 0$  (parameter model tidak signifikan)

$H_1 : \Phi_{10}^1 \neq 0$  (parameter model signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,2696}{0,2431} = -0,70$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0,05$ ,  $|-0,70| < 1,97$ , maka  $H_0$  diterima, yang berarti parameter tidak signifikan.



## 2. Menguji parameter $\Phi_{11}^1$

Hipotesis:

$H_0 : \Phi_{11}^1 = 0$  (parameter model tidak signifikan)

$H_1 : \Phi_{11}^1 \neq 0$  (parameter model signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{1.2088}{0.2718} = 4.45$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0,05$ ,  $|4.45| > 1.97$ , maka  $H_0$  ditolak, yang berarti parameter signifikan.

Dengan cara yang sama akan dilakukan pengujian parameter GSTAR yang lain, yaitu  $\Phi_{20}^1, \Phi_{21}^1, \Phi_{10}^2, \Phi_{11}^2, \Phi_{20}^2, \Phi_{21}^2, \Phi_{10}^3, \Phi_{11}^3, \Phi_{20}^3$ , dan  $\Phi_{21}^3$ . Hasil estimasi dan pengujian parameter GSTAR menggunakan metode OLS dapat dilihat pada Tabel 4.5. Sedangkan *output* minitab untuk estimasi semua parameter menggunakan OLS terlampir pada Lampiran 7.

Hasil uji signifikansi dan pengujian parameter pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa terdapat parameter yang tidak signifikan, yaitu parameter  $\Phi_{10}^1, \Phi_{11}^2, \Phi_{20}^3$ , dan  $\Phi_{21}^3$ . Sehingga parameter-parameter model yang tidak signifikan dikeluarkan dari model atau dengan kata lain parameter yang tidak signifikan diberi nilai 0.

Sehingga terbentuk model GSTAR(2<sub>1</sub>) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{10}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{10}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} \Phi_{11}^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{11}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,5148 & 0,4852 \\ 0,5353 & 0 & 0,4647 \\ 0,5205 & 0,4795 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} \Phi_{20}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{20}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$+ \begin{bmatrix} \Phi_{21}^1 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{21}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,5148 & 0,4852 \\ 0,5353 & 0 & 0,4647 \\ 0,5205 & 0,4795 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Tabel 4.5 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(2<sub>1</sub>) untuk Data Tingkat Inflasi

Parameter	Coef	SE Coef	$t_{hitung}$	Kesimpulan
$\Phi_{10}^1$	-0.1696	0.2431	-0.70	Tidak signifikan
$\Phi_{11}^1$	1.2088	0.2718	4.45	Signifikan
$\Phi_{20}^1$	-0.9206	0.2372	-3.88	Signifikan
$\Phi_{21}^1$	0.6460	0.2527	2.56	Signifikan
$\Phi_{10}^2$	1.0855	0.2062	5.26	Signifikan
$\Phi_{11}^2$	-0.4064	0.2086	-1.95	Tidak signifikan
$\Phi_{20}^2$	0.7975	0.2346	3.40	Signifikan
$\Phi_{21}^2$	-0.6977	0.2183	-3.20	Signifikan
$\Phi_{10}^3$	-0.5816	0.2504	-2.35	Signifikan
$\Phi_{11}^3$	1.4074	0.2211	6.36	Signifikan
$\Phi_{20}^3$	-0.4240	0.2514	-1.69	Tidak signifikan
$\Phi_{21}^3$	0.3754	0.2735	1.37	Tidak signifikan

Dari Persamaan (4.3) dilakukan estimasi parameter menggunakan metode OLS sesuai Persamaan (2.18). Setelah itu dilakukan uji signifikansi parameter menggunakan uji-t sebagai berikut:

1. Menguji parameter  $\Phi_{11}^1$

Hipotesis:

$H_0: \Phi_{11}^1 = 0$  (parameter model tidak signifikan)

$H_1: \Phi_{11}^1 \neq 0$  (parameter model signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{1.0400}{0.1233} = 8.43$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0,05$ ,  $|8.43| > 1.97$ , maka  $H_0$  ditolak, yang berarti parameter signifikan.

2. Menguji parameter  $\Phi_{20}^1$

$H_0 : \Phi_{20}^1 = 0$  (parameter model tidak signifikan)

$H_1 : \Phi_{20}^1 \neq 0$  (parameter model signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0.9213}{0.2363} = -3.90$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0,05$ ,  $|-3.90| > 1.97$ , maka  $H_0$  ditolak, yang berarti parameter signifikan.

Dengan cara yang sama akan dilakukan estimasi untuk parameter-parameter signifikan yang lain, yaitu  $\Phi_{11}^1, \Phi_{20}^1, \Phi_{21}^1, \Phi_{10}^2, \Phi_{20}^2, \Phi_{21}^2, \Phi_{10}^3$ , dan  $\Phi_{20}^3$ . Hasil estimasi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Dari Tabel 4.6 terlihat bahwa semua parameter yang diestimasi sudah memenuhi uji signifikansi sehingga parameter bisa digunakan untuk model GSTAR(2<sub>1</sub>). *Output* minitab untuk estimasi parameter yang signifikan menggunakan OLS terlampir pada Lampiran 8.

Dengan demikian Model GSTAR(2<sub>1</sub>) dengan parameter-parameter yang sudah signifikan adalah:

$$\begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.5354 & 0.5046 \\ 0 & 0.7501 & 0 \\ 0.7209 & 0.6640 & -0.5572 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.9213 & 0.3420 & 0.3324 \\ -0.4215 & 0.8788 & -0.3660 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-2) \\ z_2(t-2) \\ z_3(t-2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Tabel 4.6 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(2<sub>1</sub>) untuk Data Tingkat Inflasi

Parameter	Coef	SE Coef	$t_{hitung}$	Kesimpulan
$\Phi_{11}^1$	1.0400	0.1233	8.43	Signifikan
$\Phi_{20}^1$	-0.9213	0.2363	-3.90	Signifikan
$\Phi_{21}^1$	0.6644	0.2504	2.65	Signifikan
$\Phi_{10}^2$	0.7501	0.1158	6.48	Signifikan
$\Phi_{20}^2$	0.8788	0.2356	3.73	Signifikan
$\Phi_{21}^2$	-0.7875	0.2178	-3.62	Signifikan
$\Phi_{10}^3$	-0.5572	0.2430	-2.29	Signifikan
$\Phi_{11}^3$	1.3849	0.2169	6.38	Signifikan

Dari Persamaan (4.4) dapat dinyatakan sebagai persamaan-persamaan berikut:

$$Z_1(t) = 0.5354 Z_2(t-1) + 0.5046 Z_3(t-1) - 0.9213 Z_1(t-2) + 0.3420 Z_2(t-2) + 0.3224 Z_3(t-2) \quad (4.5)$$

$$Z_2(t) = 0.7501 Z_2(t-1) + 0.8788 Z_2(t-2) - 0.4215 Z_1(t-2) - 0.3660 Z_3(t-2) \quad (4.6)$$

$$Z_3(t) = -0.5572 Z_3(t-1) + 0.7209 Z_1(t-1) + 0.6640 Z_2(t-1) \quad (4.7)$$

Model GSTAR(2<sub>1</sub>) pada Persamaan (4.5), (4.6), dan (4.7) digunakan untuk meramalkan tingkat inflasi pada bulan Januari 2016-Desember 2016. Persamaan (4.5) menunjukkan bahwa tingkat inflasi di Kota Malang ( $Z_1(t)$ ) selain dipengaruhi oleh tingkat inflasi di kota yang sama pada dua periode sebelumnya, juga dipengaruhi oleh tingkat inflasi Kota Probolinggo dan Kota Surabaya untuk satu serta dua periode sebelumnya. Pada persamaan (4.6) diperoleh hasil bahwa tingkat inflasi pada Kota Probolinggo ( $Z_2(t)$ ) selain dipengaruhi oleh tingkat inflasi di kota yang sama untuk satu serta dua periode sebelumnya, juga dipengaruhi oleh tingkat inflasi Kota Malang dan Kota Surabaya untuk dua periode sebelumnya. Sementara itu, pada persamaan (4.7) menunjukkan bahwa tingkat inflasi Kota Surabaya ( $Z_3(t)$ ) selain dipengaruhi

oleh tingkat inflasi di kota yang sama untuk satu periode sebelumnya, dipengaruhi oleh tingkat inflasi Kota Malang dan Probolinggo untuk satu periode sebelumnya.

#### **4.4 Diagnostic Checking Model GSTAR**

Setelah diperoleh model terbaik GSTAR, maka diperlukan asumsi-asumsi untuk mengetahui kadar galat (residual) sehingga model GSTAR bisa dianggap sebagai model yang layak. Asumsi-asumsi tersebut meliputi asumsi *white noise* residual dan asumsi kenormalan residual.

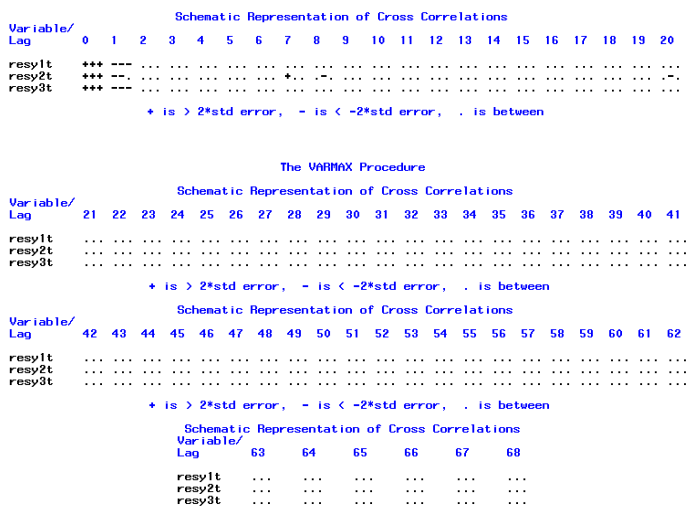
##### **4.4.1 Uji Residual White Noise**

Uji residual *white noise* pada data *multivariate* dapat dilakukan dengan melihat plot MACF. Plot MACF untuk data residual di ketiga kota, yaitu  $resy_1(t)$ ,  $resy_2(t)$ , dan  $resy_3(t)$  dapat dilihat pada Gambar 4.7 [18].

Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa simbol (.) yang muncul lebih banyak dari simbol (+) dan (-) pada plot MACF. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil residual model GSTAR( $2_1$ ) di tiga daerah di Jawa Timur dengan bobot invers jarak memenuhi asumsi *white noise*. Selain uji *white noise* uji kelayakan model GSTAR akan dilakukan dengan melihat kenormalan dari residual.

##### **4.4.2 Uji Residual Multinormal**

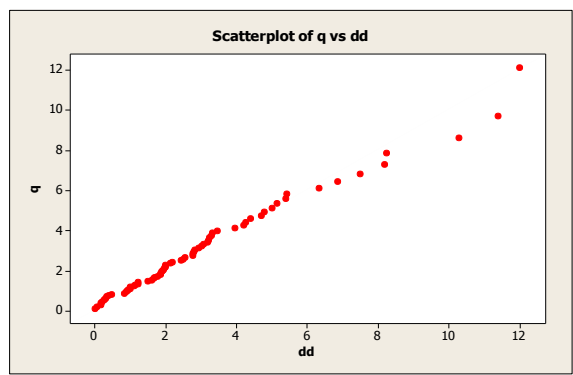
Selain pemeriksaan residual bersifat *white noise*, dilakukan pemeriksaan residual berdistribusi normal menggunakan *Chi-Square* plot yang dapat dilihat pada Gambar 4.8. Dari Gambar 4.8 menunjukkan bahwa plot cenderung membentuk garis lurus, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil residual model GSTAR( $2_1$ ) berdistribusi *multivariate* normal.



Gambar 4.7 Plot MACF Residual Data Tingkat Inflasi ketiga Kota di Jawa Timur

### 4.5 Hasil Peramalan Tingkat Inflasi Menggunakan Model GSTAR(2<sub>1</sub>)

Setelah diperoleh model terbaik GSTAR, maka langkah selanjutnya akan dilakukan peramalan tingkat inflasi di tiga kota di



Gambar 4.8 *Chi-Square* Plot Residual Model GSTAR(2<sub>1</sub>)

Jawa Timur untuk melihat ketepatan model. Peramalan akan dilakukan pada data *out-sample* di tiga kota sebanyak 12 periode selanjutnya, yaitu periode Januari 2016 sampai dengan Desember 2016. Hasil peramalan tingkat inflasi menggunakan GSTAR(2<sub>1</sub>) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Peramalan Tingkat Inflasi menggunakan GSTAR

Periode	$Z_1(t)$	$Z_2(t)$	$Z_3(t)$
73	0.6121	0.7896	0.6320
74	0.7078	0.8915	0.7191
75	0.7369	0.8969	0.7518
76	0.5687	0.7694	0.6655
77	0.6515	0.8285	0.6337
78	0.6537	0.8051	0.6303
79	0.6380	0.7958	0.6489
80	0.6235	0.7854	0.6065
81	0.6706	0.8146	0.6806
82	0.6552	0.8394	0.6577
83	0.7153	0.8213	0.6305
84	0.6965	0.7841	0.6494

#### 4.6 Simulasi Metode Filter Kalman

Pada subbab ini akan dilakukan estimasi parameter model terbaik GSTAR dengan menggunakan Filter Kalman. Parameter-parameter yang akan diestimasi adalah parameter yang dinyatakan signifikan pada model GSTAR yang diestimasi menggunakan OLS, yaitu  $\Phi_{11}^1$ ,  $\Phi_{20}^1$ ,  $\Phi_{21}^1$ ,  $\Phi_{10}^2$ ,  $\Phi_{20}^2$ ,  $\Phi_{10}^3$ , dan  $\Phi_{11}^3$ .

Algoritma Filter Kalman yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Model Sistem:  $\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_t + \mathbf{w}_t$

Untuk model sistem dsiperoleh dari Persamaan (4.3) yang diubah dalam bentuk *state space*, sehingga dapat ditulis

$$\begin{bmatrix} z_1(t) \\ \Phi_{11}^1 \\ \Phi_{20}^1 \\ \Phi_{21}^1 \\ z_2(t) \\ \Phi_{10}^2 \\ \Phi_{20}^2 \\ \Phi_{21}^2 \\ z_3(t) \\ \Phi_{10}^3 \\ \Phi_{11}^3 \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} 0 & a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{21} & a_{22} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t) \\ \Phi_{11}^1 \\ \Phi_{20}^1 \\ \Phi_{21}^1 \\ z_2(t) \\ \Phi_{10}^2 \\ \Phi_{20}^2 \\ \Phi_{21}^2 \\ z_3(t) \\ \Phi_{10}^3 \\ \Phi_{11}^3 \end{bmatrix}_t + \mathbf{w}_t$$

dengan

$$a_{12} = 0.5148z_2(t-1) + 0.4852z_3(t-1)$$

$$a_{13} = z_1(t-2)$$

$$a_{14} = 0.5148z_2(t-2) + 0.4852z_3(t-2)$$

$$a_{56} = z_2(t-1)$$

$$a_{57} = z_2(t-2)$$

$$a_{58} = 0.5353z_1(t-2) + 0.4647z_3(t-2)$$

$$a_{910} = z_3(t-1)$$

$$a_{911} = 0.5205z_1(t-1) + 0.4795z_2(t-1)$$

Model Pengukuran:  $\mathbf{c}_t = \mathbf{H}\mathbf{x}_t + \mathbf{v}_t$

Atau dapat ditulis:

$$\mathbf{c}_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t) \\ \Phi_{11}^1 \\ \Phi_{20}^1 \\ \Phi_{21}^1 \\ z_2(t) \\ \Phi_{10}^2 \\ \Phi_{20}^2 \\ \Phi_{21}^2 \\ z_3(t) \\ \Phi_{10}^3 \\ \Phi_{11}^3 \end{bmatrix} + \mathbf{v}_t$$

Setelah diperoleh model sistem dan model pengukuran, selanjutnya dilakukan inisialisasi. Untuk nilai awal  $Z_1(t)$ ,



$Z_2(t)$ , dan  $Z_3(t)$  diambil dari data pertama tingkat inflasi di masing-masing kota yang sudah stasioner. Untuk nilai awal variansi dari *noise* diambil  $Q = 0.3$  dan  $R = 0.3$  Sedangkan untuk nilai awal  $\hat{x}_0$  dan kovarian diberikan sebagai berikut:

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.5787 \\ 1.1234 \\ -0.8787 \\ 0.7667 \\ 0.7394 \\ 0.7012 \\ 0.8099 \\ -0.8097 \\ 0.6925 \\ -0.6767 \\ 1.2348 \end{bmatrix}, P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot Q$$

Selanjutnya masuk ke dalam tahap prediksi:

$$\hat{x}_{t+1}^- = A_t \hat{x}_t + B_t u_t$$

$$P_{t+1}^- = A_t P_t A_t^T + G_t Q_t G_t^T$$

Tahap koreksi:

Pada tahap koreksi melibatkan Kalman Gain:

$$K_{t+1} = P_{t+1}^- M_{t+1}^T (M_{t+1} P_{t+1}^- M_{t+1}^T + R_{t+1})^{-1}$$

Lalu nilai  $\hat{x}_{t+1}$  diestimasi dengan menggunakan nilai  $\hat{x}_{t+1}^-$  yang diperoleh dari tahap prediksi.

$$\hat{x}_{t+1} = \hat{x}_{t+1}^- + K_{t+1} (Z_{t+1} - M_{t+1} \hat{x}_{t+1}^-)$$

Kemudian nilai  $P_{t+1}$  dicari dengan menggunakan nilai  $P_{t+1}^-$  yang telah dicari pada tahap prediksi.

$$P_{t+1} = (I - K_{t+1}H_{t+1})P_{t+1}^-.$$

Untuk proses simulasi estimasi parameter menggunakan Filter Kalman dilakukan dengan bantuan software Matlab yang dilampirkan pada Lampiran 9. Hasil estimasi parameter model GSTAR pada data tingkat inflasi di tiga kota Jawa Timur menggunakan Kalman Filter dapat dilihat pada Tabel 4.8.

*Output* hasil Matlab untuk estimasi parameter GSTAR menggunakan Filter Kalman terlampir pada Lampiran 10.

Hasil parameter model GSTAR yang diperoleh menggunakan Filter Kalman pada Tabel 4.8 kemudian disubstitusikan ke Persamaan (4.2) sehingga diperoleh persamaan model peramalan tingkat inflasi di tiga kota di Jawa Timur sebagai berikut:

$$\begin{aligned} z_1(t) &= 0.4751 z_2(t-1) + 0.4478 z_3(t-1) - 1.0012 z_1(t-2) \\ &\quad + 0.3922 z_2(t-2) + 0.3699 z_3(t-2) + e_1(t) \\ z_2(t) &= 0.9072 z_2(t-1) - 0.2844 z_2(t-2) - 0.1525 z_1(t-2) \\ &\quad - 0.3660 z_3(t-2) + e_2(t) \\ z_3(t) &= -0.5984 z_3(t-1) + 0.7385 z_1(t-1) \\ &\quad + 0.68083 z_2(t-1) + e_3(t) \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Estimasi Parameter Model GSTAR Menggunakan Filter Kalman

Model	Parameter	Koefisien
GSTAR(2 <sub>1</sub> )	$\Phi_{11}^1$	0.9209
	$\Phi_{20}^1$	-1.0134
	$\Phi_{21}^1$	0.7750
	$\Phi_{10}^2$	0.9099
	$\Phi_{20}^2$	-0.2922
	$\Phi_{21}^2$	-0.2811
	$\Phi_{10}^3$	-0.5948
	$\Phi_{11}^3$	1.4166

Hasil peramalan metode GSTAR yang diestimasi menggunakan Filter Kalman dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Peramalan Tingkat Inflasi Menggunakan GSTAR-Filter Kalman

Periode	$Z_1(t)$	$Z_2(t)$	$Z_3(t)$
73	0.6866	0.8498	0.6306
74	0.8144	0.8701	0.7738
75	0.6771	0.8622	0.6743
76	0.6393	0.8124	0.6498
77	0.6339	0.7935	0.6419
78	0.6438	0.7957	0.6231
79	0.6234	0.7797	0.6478
80	0.6527	0.8293	0.6255
81	0.6767	0.8223	0.6692
82	0.691	0.8279	0.7653
83	0.6855	0.8408	0.7157
84	0.6117	0.826	0.6066

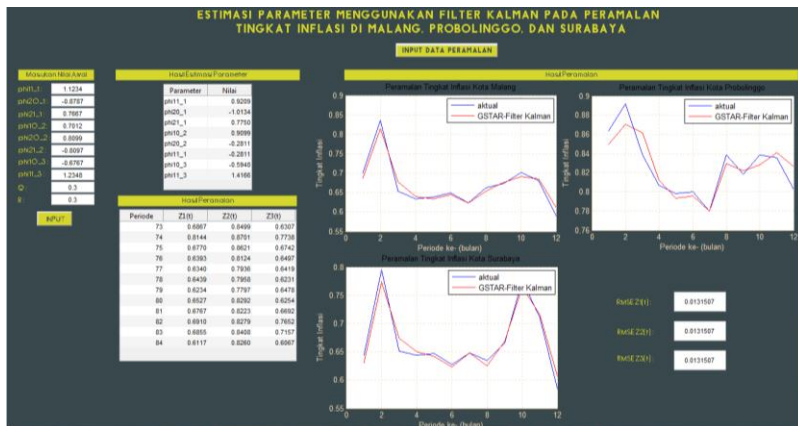
#### 4.7 Graphic User Interface (GUI) Program

Pada subbab ini akan ditampilkan desain antar muka dari hasil estimasi parameter dan peramalan tingkat inflasi di tiga Kota pada Model GSTAR menggunakan Filter Kalman. Desain antar muka ditunjukkan pada Gambar 4.9.

Dari Gambar 4.9, terlihat tampilan dari halaman utama desain antar muka yang terdiri dari:

1. *Push Button Input Data Peramalan* yang berfungsi untuk memasukkan data tingkat inflasi untuk menjalankan program.
2. *Push Button Input* yang berfungsi untuk menjalankan program setelah memasukkan nilai awal.
3. *Table Hasil Estimasi Parameter* berfungsi untuk menampilkan hasil estimasi parameter model GSTAR menggunakan Filter Kalman.

4. **Table Hasil Peramalan** berfungsi untuk menampilkan hasil peramalan tingkat inflasi di tiga kota dengan Model GSTAR-Filter Kalman
5. **Axes Hasil Peramalan** berfungsi untuk menampilkan grafik perbandingan hasil peramalan tingkat inflasi di tiga kota menggunakan model GSTAR, GSTAR-Filter Kalman, dan data faktual.
6. **Edit Text RMSE Z1(t)** yang berfungsi untuk menampilkan hasil RMSE dari hasil peramalan di kota Malang.
7. **Edit Text RMSE Z2(t)** yang berfungsi untuk menampilkan hasil RMSE dari hasil peramalan di kota Probolinggo.
8. **Edit Text RMSE Z3(t)** yang berfungsi untuk menampilkan hasil RMSE dari hasil peramalan di kota Surabaya.



Gambar 4.9 GUI dari Estimasi Parameter dan Peramalan Tingkat Inflasi di tiga Kota pada Model GSTAR

#### 4.8 Perbandingan Hasil Model GSTAR dan GSTAR-Filter Kalman

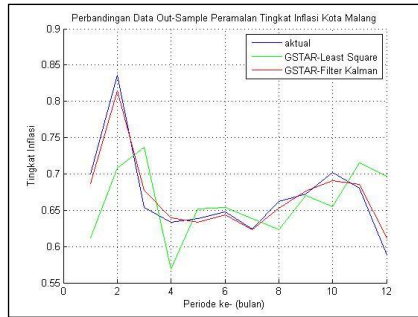
Perbandingan dilakukan dengan cara menggunakan nilai RMSE pada data *out-sample*. Model dengan nilai RMSE terkecil akan

dipilih sebagai model terbaik dalam peramalan tingkat inflasi di tiga kota di Jawa Timur. Berdasarkan Persamaan (2.22), nilai RMSE *out-sample* untuk beberapa metode dapat dilihat pada Tabel 4.10.

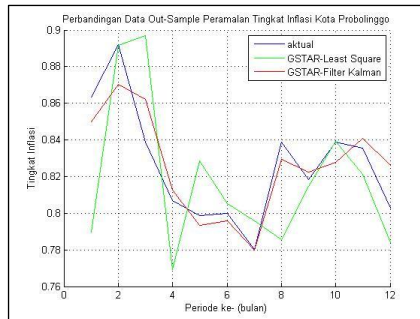
Tabel 4.10 Nilai RMSE *Out-sample* di Setiap Kota

Kota	GSTAR	GSTAR-Filter Kalman
Malang	0.0661	0.0132
Probolinggo	0.0351	0.0132
Surabaya	0.0597	0.0132

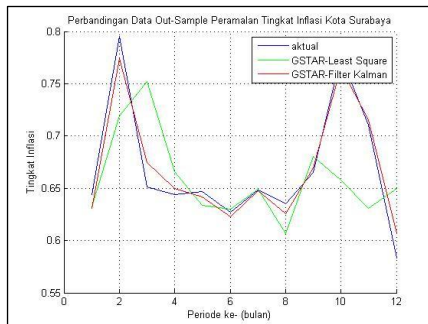
Dari Tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa GSTAR-Filter Kalman lebih baik dalam meramalkan tingkat inflasi dibandingkan dengan GSTAR di masing-masing kota. Hal ini ditunjukkan nilai RMSE GSTAR-Filter Kalman yang lebih kecil dibandingkan dengan peramalan GSTAR dan mendekati nilai dari data aktual. Hasil peramalan tingkat inflasi dengan beberapa model pada data *out-sample* di ketiga kota dapat dilihat pada Gambar 4.10.



[a]



[b]



[c]

Gambar 4.10 Hasil Peramalan Tingkat Inflasi  
[a] Kota Malang, [b] Kota Probolinggo, dan [c] Kota Surabaya

## BAB V KESIMPULAN

Bab ini membahas kesimpulan dari penulisan Tugas Akhir. Berdasarkan seluruh pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model GSTAR untuk data tingkat inflasi di Kota Malang, Probolinggo, dan Kota Surabaya adalah GSTAR(2<sub>1</sub>). Model GSTAR(2<sub>1</sub>) dengan pembobot invers jarak yang diestimasi menggunakan metode OLS yaitu

$$Z_1(t) = 0.5354 Z_2(t-1) + 0.5046 Z_3(t-1) - 0.9213 Z_1(t-2) \\ + 0.3420 Z_2(t-2) + 0.3224 Z(t-2) + e_1(t)$$

$$Z_2(t) = 0.7501 Z_2(t-1) + 0.8788 Z_2(t-2) - 0.4215 Z_1(t-2) \\ - 0.3660 Z_3(t-2) + e_2(t)$$

$$Z_3(t) = -0.5572 Z_3(t-1) + 0.7209 Z_1(t-1) \\ + 0.6640 Z_2(t-1) + e_3(t)$$

2. Model GSTAR data tingkat inflasi di Kota Malang, Probolinggo, dan Kota Surabaya adalah GSTAR(2<sub>1</sub>). Model GSTAR(2<sub>1</sub>) yang diestimasi menggunakan metode Filter Kalman yaitu:

$$Z_1(t) = 0.4751 Z_2(t-1) + 0.4478 Z_3(t-1) - 1.0012 Z_1(t-2) \\ + 0.3922 Z_2(t-2) + 0.3699 Z_3(t-2) + e_1(t)$$

$$Z_2(t) = 0.9072 Z_2(t-1) - 0.2844 Z_2(t-2) - 0.1525 Z_1(t-2) \\ - 0.3660 Z_3(t-2) + e_2(t)$$

$$Z_3(t) = -0.5984 Z(t-1) + 0.7385 Z_1(t-1) \\ + 0.68083 Z_2(t-1) + e_3(t)$$

3. Model GSTAR dengan estimasi Filter Kalman memiliki hasil peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan Model GSTAR dengan estimasi OLS karena nilai RMSE Model GSTAR-Filter Kalman lebih kecil dibandingkan Model GSTAR

4. dengan estimasi OLS. Hal ini menunjukkan bahwa Filter Kalman mampu memperbaiki hasil peramalan tingkat inflasi menggunakan metode GSTAR.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artikel Ekonomi. (2015). “Artikelsiana, Artikel Belajar dan Bermanfaat”. Dalam <http://www.artikelsiana.com/2015/02/pengertian-inflasi-jenis-dampak-penyebab.html?m=1>.
- [2] Wheelwrigth, S., dkk. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [3] P. E. Pfeifer and S. J. Deutsch. (1980). “*A three-stage iterative procedure for space-time modeling*”. *Technometrics*, vol. 22, pp. 397–408, 1980.
- [4] Ruchjana, B. (2002). “Pemodelan Kurva Produksi Minyak Bumi Menggunakan Model Generalisasi STAR”. Bogor: Forum Statistika dan Komputasi IPB.
- [5] Suhartono, & R.M Atok. (2006). “Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal pada Model GSTAR”. *Prosiding Konferensi Nasional Matematika XIII*, (hal 571-580). Semarang, Indonesia: Universitas Negeri Semarang.
- [6] Nurhayati, N., Pasaribu, U. S., & Neswan, O. (2012). “*Application of Generalized Space-Time Autoregressive Model on GDP Daa in West European Countries*”. *Journal of Probability and Statistics*, Article ID 867056, 16 pages.
- [7] Kurniawati. (2016). *Perbandingan Penerapan Model GSTAR dengan Pembobot Inverse Jarak dan Normalisasi Korelasi Silang pada Laju Inflasi Kota Surakarta, Yogyakarta, dan Surabaya*. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [8] Hamsyah, I. F. (2015). “Perbandingan GSTAR dan ARIMA Filter Kalman dalam Perbaikan Hasil Prediksi Debit Air Sungai Brantas”. Tugas Akhir. Departemen Matematika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

- [9] Pamungkas, M. H. (2015). “Estimasi Parameter Model ARIMA Menggunakan *Kalman Filter* untuk Peramalan Permintaan Darah (Studi Kasus: UTD PMI Surabaya)”. Tugas Akhir. Departemen Matematika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [10] Febritasari, P. (2016). “Estimasi Inflasi Wilayah Kerja KPwBI Malang Menggunakan ARIMA-Filter Kalman dan VAR-Filter Kalman”. Tugas Akhir. Departemen Matematika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [11] Walpole, R.E. (1993). *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [12] Richard , A. J., & Dean, W. W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- [13] Buthmann, A. (2015). “*Six Sigma*”. Dalam [www.isixsigma.com/tools-templates/normality/making-data-normal-using-box-cox-power-transformation](http://www.isixsigma.com/tools-templates/normality/making-data-normal-using-box-cox-power-transformation). Dipetik April 6, 2017.
- [14] Makridakis, McGee, dan Wheelright, W. (1999). Metode dan Aplikasi Peramalan. Edisi kedua. Terj. Andriyanto, U.S. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- [15] Wutsqa, D. U., Suhartono, & Sutijo, B. (2012). “Aplikasi Model *Generalized Space Time Autoregressive* Pada Data Pencemaran Udara di Kota Surabaya”. *Journal Pythagoras*, Vol.7, No.2.
- [16] Borovkova S., L. H. (2008). “*Consistency of Asymptotic normality of OLS estimations in generalized STAR Models*”. *Statistica Neerlandica* vol.62, no 4 , 482-508.
- [17] Tsay, R.S. (2002). *Analysis of Financial Time series: Financial Econometrics*. University of Chicago: John Wiley & Sons, Inc.

- [18] Wei, W.W.S. (1994). *Time series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. United State of America: AddisonWesley Publishing Company, Inc.
- [19] Cromwell, B. J., et al. (1994). *Multivariate Test For Time Series Models*. United State of America: Sage Publication, Inc.
- [20] Faragher, R. (2008). “*The Basis of the Filter Kalman via a Simple and Intuitive Derivation*”. *IEEE Signal Processing Magazine*.
- [21] Welch, G., & Bishop, G. (2006). *An Introduction to the Filter Kalman*. Chapel Hill: Department of Computer Science, University of North Carolina.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1 Tabel Distribusi t**

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819

Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375	3.633
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365	3.622
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356	3.611
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348	3.601
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340	3.591
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.333	3.582
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.326	3.574
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.319	3.566
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.313	3.558
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
41	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.301	3.544
42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.296	3.538
43	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.291	3.532
44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.286	3.526
45	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.281	3.520
46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.277	3.515

## Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.269	3.505
49	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.265	3.500
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261	3.496
51	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676	3.258	3.492
52	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	3.255	3.488
53	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672	3.251	3.484
54	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	3.248	3.480
55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668	3.245	3.476
56	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	3.242	3.473
57	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665	3.239	3.470
58	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	3.237	3.466
59	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662	3.234	3.463
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
61	1.296	1.670	2.000	2.389	2.659	3.229	3.457
62	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	3.227	3.454
63	1.295	1.669	1.998	2.387	2.656	3.225	3.452
64	1.295	1.669	1.998	2.386	2.655	3.223	3.449
65	1.295	1.669	1.997	2.385	2.654	3.220	3.447
66	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	3.218	3.444
67	1.294	1.668	1.996	2.383	2.651	3.216	3.442
68	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	3.214	3.439
69	1.294	1.667	1.995	2.382	2.649	3.213	3.437
70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211	3.435
71	1.294	1.667	1.994	2.380	2.647	3.209	3.433
72	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	3.207	3.431

Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
73	1.293	1.666	1.993	2.379	2.645	3.206	3.429
74	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	3.204	3.427
75	1.293	1.665	1.992	2.377	2.643	3.202	3.425
76	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	3.201	3.423
77	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.199	3.421
78	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	3.198	3.420
79	1.292	1.664	1.990	2.374	2.640	3.197	3.418
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
81	1.292	1.664	1.990	2.373	2.638	3.194	3.415
82	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	3.193	3.413
83	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.191	3.412
84	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.190	3.410
85	1.292	1.663	1.988	2.371	2.635	3.189	3.409
86	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.188	3.407
87	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.187	3.406
88	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	3.185	3.405
89	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.184	3.403
90	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.183	3.402
91	1.291	1.662	1.986	2.368	2.631	3.182	3.401
92	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	3.181	3.399
93	1.291	1.661	1.986	2.367	2.630	3.180	3.398
94	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	3.179	3.397
95	1.291	1.661	1.985	2.366	2.629	3.178	3.396
96	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	3.177	3.395
97	1.290	1.661	1.985	2.365	2.627	3.176	3.394



## Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
98	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	3.175	3.393
99	1.290	1.660	1.984	2.365	2.626	3.175	3.392
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
101	1.290	1.660	1.984	2.364	2.625	3.173	3.389
102	1.290	1.660	1.983	2.363	2.625	3.172	3.388
103	1.290	1.660	1.983	2.363	2.624	3.171	3.388
104	1.290	1.660	1.983	2.363	2.624	3.170	3.387
105	1.290	1.659	1.983	2.362	2.623	3.170	3.386
106	1.290	1.659	1.983	2.362	2.623	3.169	3.385
107	1.290	1.659	1.982	2.362	2.623	3.168	3.384
108	1.289	1.659	1.982	2.361	2.622	3.167	3.383
109	1.289	1.659	1.982	2.361	2.622	3.167	3.382
110	1.289	1.659	1.982	2.361	2.621	3.166	3.381
111	1.289	1.659	1.982	2.360	2.621	3.165	3.380
112	1.289	1.659	1.981	2.360	2.620	3.165	3.380
113	1.289	1.658	1.981	2.360	2.620	3.164	3.379
114	1.289	1.658	1.981	2.360	2.620	3.163	3.378
115	1.289	1.658	1.981	2.359	2.619	3.163	3.377
116	1.289	1.658	1.981	2.359	2.619	3.162	3.376
117	1.289	1.658	1.980	2.359	2.619	3.161	3.376
118	1.289	1.658	1.980	2.358	2.618	3.161	3.375
119	1.289	1.658	1.980	2.358	2.618	3.160	3.374
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373
121	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.159	3.373
122	1.289	1.657	1.980	2.357	2.617	3.158	3.372

Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
123	1.288	1.657	1.979	2.357	2.616	3.158	3.371
124	1.288	1.657	1.979	2.357	2.616	3.157	3.371
125	1.288	1.657	1.979	2.357	2.616	3.157	3.370
126	1.288	1.657	1.979	2.356	2.615	3.156	3.369
127	1.288	1.657	1.979	2.356	2.615	3.156	3.369
128	1.288	1.657	1.979	2.356	2.615	3.155	3.368
129	1.288	1.657	1.979	2.356	2.614	3.155	3.368
130	1.288	1.657	1.978	2.355	2.614	3.154	3.367
131	1.288	1.657	1.978	2.355	2.614	3.154	3.366
132	1.288	1.656	1.978	2.355	2.614	3.153	3.366
133	1.288	1.656	1.978	2.355	2.613	3.153	3.365
134	1.288	1.656	1.978	2.354	2.613	3.152	3.365
135	1.288	1.656	1.978	2.354	2.613	3.152	3.364
136	1.288	1.656	1.978	2.354	2.612	3.151	3.364
137	1.288	1.656	1.977	2.354	2.612	3.151	3.363
138	1.288	1.656	1.977	2.354	2.612	3.150	3.362
139	1.288	1.656	1.977	2.353	2.612	3.150	3.362
140	1.288	1.656	1.977	2.353	2.611	3.149	3.361
141	1.288	1.656	1.977	2.353	2.611	3.149	3.361
142	1.288	1.656	1.977	2.353	2.611	3.149	3.360
143	1.287	1.656	1.977	2.353	2.611	3.148	3.360
144	1.287	1.656	1.977	2.353	2.610	3.148	3.359
145	1.287	1.655	1.976	2.352	2.610	3.147	3.359
146	1.287	1.655	1.976	2.352	2.610	3.147	3.358
147	1.287	1.655	1.976	2.352	2.610	3.147	3.358

## Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
148	1.287	1.655	1.976	2.352	2.609	3.146	3.357
149	1.287	1.655	1.976	2.352	2.609	3.146	3.357
150	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	3.145	3.357
151	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	3.145	3.356
152	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	3.145	3.356
153	1.287	1.655	1.976	2.351	2.608	3.144	3.355
154	1.287	1.655	1.975	2.351	2.608	3.144	3.355
155	1.287	1.655	1.975	2.351	2.608	3.144	3.354
156	1.287	1.655	1.975	2.350	2.608	3.143	3.354
157	1.287	1.655	1.975	2.350	2.608	3.143	3.354
158	1.287	1.655	1.975	2.350	2.607	3.143	3.353
159	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	3.142	3.353
160	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	3.142	3.352
161	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	3.142	3.352
162	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	3.141	3.352
163	1.287	1.654	1.975	2.349	2.606	3.141	3.351
164	1.287	1.654	1.975	2.349	2.606	3.141	3.351
165	1.287	1.654	1.974	2.349	2.606	3.140	3.350
166	1.287	1.654	1.974	2.349	2.606	3.140	3.350
167	1.287	1.654	1.974	2.349	2.606	3.140	3.350
168	1.287	1.654	1.974	2.349	2.605	3.139	3.349
169	1.287	1.654	1.974	2.349	2.605	3.139	3.349
170	1.287	1.654	1.974	2.348	2.605	3.139	3.349
171	1.287	1.654	1.974	2.348	2.605	3.139	3.348
172	1.286	1.654	1.974	2.348	2.605	3.138	3.348

Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
173	1.286	1.654	1.974	2.348	2.605	3.138	3.348
174	1.286	1.654	1.974	2.348	2.604	3.138	3.347
175	1.286	1.654	1.974	2.348	2.604	3.137	3.347
176	1.286	1.654	1.974	2.348	2.604	3.137	3.347
177	1.286	1.654	1.973	2.348	2.604	3.137	3.346
178	1.286	1.653	1.973	2.347	2.604	3.137	3.346
179	1.286	1.653	1.973	2.347	2.604	3.136	3.346
180	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.136	3.345
181	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.136	3.345
182	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.136	3.345
183	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.135	3.344
184	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.135	3.344
185	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.135	3.344
186	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.135	3.344
187	1.286	1.653	1.973	2.346	2.602	3.134	3.343
188	1.286	1.653	1.973	2.346	2.602	3.134	3.343
189	1.286	1.653	1.973	2.346	2.602	3.134	3.343
190	1.286	1.653	1.973	2.346	2.602	3.134	3.342
191	1.286	1.653	1.972	2.346	2.602	3.133	3.342
192	1.286	1.653	1.972	2.346	2.602	3.133	3.342
193	1.286	1.653	1.972	2.346	2.602	3.133	3.342
194	1.286	1.653	1.972	2.346	2.601	3.133	3.341
195	1.286	1.653	1.972	2.346	2.601	3.133	3.341
196	1.286	1.653	1.972	2.346	2.601	3.132	3.341
197	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.132	3.341

## Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
198	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.132	3.340
199	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.132	3.340
200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.131	3.340
201	1.286	1.652	1.972	2.345	2.601	3.131	3.340
202	1.286	1.652	1.972	2.345	2.600	3.131	3.339
203	1.286	1.652	1.972	2.345	2.600	3.131	3.339
204	1.286	1.652	1.972	2.345	2.600	3.131	3.339
205	1.286	1.652	1.972	2.345	2.600	3.130	3.339
206	1.286	1.652	1.972	2.345	2.600	3.130	3.338
207	1.286	1.652	1.971	2.344	2.600	3.130	3.338
208	1.286	1.652	1.971	2.344	2.600	3.130	3.338
209	1.286	1.652	1.971	2.344	2.600	3.130	3.338
210	1.286	1.652	1.971	2.344	2.599	3.129	3.337
211	1.286	1.652	1.971	2.344	2.599	3.129	3.337
212	1.286	1.652	1.971	2.344	2.599	3.129	3.337
213	1.286	1.652	1.971	2.344	2.599	3.129	3.337
214	1.286	1.652	1.971	2.344	2.599	3.129	3.337
215	1.286	1.652	1.971	2.344	2.599	3.129	3.336
216	1.285	1.652	1.971	2.344	2.599	3.128	3.336
217	1.285	1.652	1.971	2.344	2.599	3.128	3.336
218	1.285	1.652	1.971	2.344	2.599	3.128	3.336
219	1.285	1.652	1.971	2.343	2.598	3.128	3.336
220	1.285	1.652	1.971	2.343	2.598	3.128	3.335
221	1.285	1.652	1.971	2.343	2.598	3.128	3.335
222	1.285	1.652	1.971	2.343	2.598	3.127	3.335

## Lampiran 1 (Lanjutan)

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
223	1.285	1.652	1.971	2.343	2.598	3.127	3.335
224	1.285	1.652	1.971	2.343	2.598	3.127	3.334

Sumber <http://rumushitung.com>

## Lampiran 2 Macro Syntax Distribusi Multinormal Minitab

```

macro
qq x.1-x.p
mconstant i n p t chis
mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt
mmatrix s sinv ma mb mc md
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s sinv
do i=1:p
    let x.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
    copy x.1-x.p ma;
    use i.
    transpose ma mb
    multiply ma sinv mc
    multiply mc mb md
    copy md tt
    let t=tt(1)
    let d(i)=t
enddo
set pi
    1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chi

```

**Lampiran 2 (Lanjutan)**

```
let t=sum(ss)/n
print t
if t>0.5
note distribusi data multinormal
endif
if t<=0.5
    note distribusi data bukan multinormal
endif
endmacro
```



### Lampiran 3 Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota di Jawa Timur

Periode	$t$	$S_1(t)$	$S_2(t)$	$S_3(t)$
Jan-10	1	0.79	0.71	0.5
Feb-10	2	0.37	0.46	0.25
Mar-10	3	-0.17	-0.45	-0.12
Apr-10	4	0.26	0.02	0.15
Mei-10	5	0.42	0.81	0.38
Jun-10	6	0.74	0.98	0.76
Jul-10	7	1.71	2.94	1.99
Agust-10	8	0.79	0.43	1.23
Sep-10	9	0.05	0.08	0.67
Okt-10	10	0.19	0.02	0.02
Nop-10	11	0.68	0.06	0.44
Des-10	12	0.88	0.46	0.85
Jan-11	13	0.67	0.95	0.78
Feb-11	14	0.14	0.32	0.3
Mar-11	15	-0.09	-0.07	0.17
Apr-11	16	-0.42	-0.33	-0.22
Mei-11	17	0.1	0.29	0.07
Jun-11	18	0.56	0.34	0.49
Jul-11	19	0.73	0.92	0.54
Agust-11	20	0.94	0.73	1.08
Sep-11	21	0.22	-0.03	0.6
Okt-11	22	0.12	-0.22	-0.31
Nop-11	23	0.34	0.43	0.56
Des-11	24	0.67	0.4	0.59
Jan-12	25	0.27	0.52	0.39
Feb-12	26	0.18	0.46	0.25

## Lampiran 3 (Lanjutan)

Periode	$t$	$S_1(t)$	$S_2(t)$	$S_3(t)$
Mar-12	27	0.01	-0.35	0.09
Apr-12	28	0.27	0.3	0.12
Mei-12	29	0.05	0.54	0.17
Jun-12	30	0.54	0.88	0.53
Jul-12	31	0.48	0.82	0.62
Agust-12	32	1.04	2.01	1.26
Sep-12	33	0.52	-0.35	-0.04
Okt-12	34	0.22	0.19	0.14
Nop-12	35	0.23	0.24	0.25
Des-12	36	0.7	0.49	0.52
Jan-13	37	0.94	1.02	0.89
Feb-13	38	0.88	0.86	1.03
Mar-13	39	0.93	0.92	0.95
Apr-13	40	-0.21	-0.82	-0.37
Mei-13	41	-0.35	-0.07	-0.07
Jun-13	42	0.91	0.93	0.55
Jul-13	43	3.49	3.13	2.67
Agust-13	44	0.77	1.41	0.99
Sep-13	45	-0.57	-0.5	-0.02
Okt-13	46	0.16	-0.15	-0.16
Nop-13	47	0.23	0.12	0.25
Des-13	48	0.53	0.9	0.6
Jan-14	49	0.76	0.95	1.18
Feb-14	50	0.31	0.02	0.23
Mar-14	51	0.43	0.16	0.23
Apr-14	52	-0.13	-0.14	0.17
Mei-14	53	0.37	0.12	0.17
Jun-14	54	0.31	0.47	0.37

## Lampiran 3 (Lanjutan)

Periode	$t$	$S_1(t)$	$S_2(t)$	$S_3(t)$
Jul-14	55	0.49	0.99	0.42
Agust-14	56	0.47	0.07	0.5
Sep-14	57	0.26	0.04	0.41
Okt-14	58	0.4	0.46	0.49
Nop-14	59	1.51	1.31	1.27
Des-14	60	2.72	2.15	2.23
Jan-15	61	0.04	-0.2	0.41
Feb-15	62	-0.57	-0.42	-0.42
Mar-15	63	0.34	0.02	0.36
Apr-15	64	0.49	0.36	0.41
Mei-15	65	0.45	0.46	0.39
Jun-15	66	0.38	0.44	0.54
Jul-15	67	0.57	0.7	0.38
Agust-15	68	0.28	0.02	0.48
Sep-15	69	0.21	0.23	0.26
Okt-15	70	0.03	0.02	-0.34
Nop-15	71	0.16	0.05	-0.02
Des-15	72	0.89	0.41	0.94
Jan-16	73	0.04	-0.20	0.41
Feb-16	74	-0.57	-0.42	-0.42
Mar-16	75	0.34	0.02	0.36
Apr-16	76	0.49	0.36	0.41
Mei-16	77	0.45	0.46	0.39
Jun-16	78	0.38	0.44	0.54
Jul-16	79	0.57	0.7	0.38
Agust-16	80	0.28	0.02	0.48
Sept-16	81	0.21	0.23	0.26
Okt-16	82	0.03	0.02	-0.34

Lampiran 3 (Lanjutan)

Periode	$t$	$S_1(t)$	$S_2(t)$	$S_3(t)$
Nop-16	83	0.16	0.05	-0.02
Des-16	84	0.89	0.41	0.94

## Lampiran 4 Statistik Deskriptif Data Tingkat Inflasi di Tiga Kota

### Descriptive Statistics: S1(t); S2(t); S3(t)

Variable	Mean	StDev	Minimum	Maximum
S1 (t)	0,4733	0,6131	-0,5700	3,4900
S2 (t)	0,4506	0,6943	-0,8200	3,1300
S3 (t)	0,4783	0,5478	-0,4200	2,6700

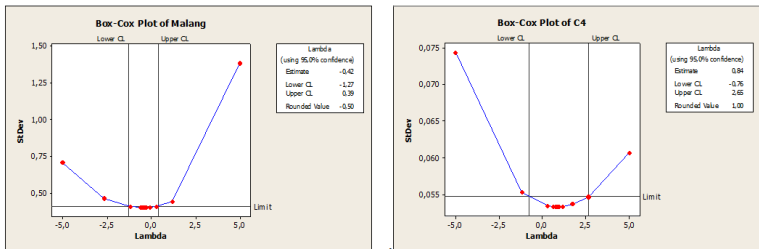
**Lampiran 5 Nilai Koefisien Korelasi**

Correlations: S1(t); S2(t); S3(t)

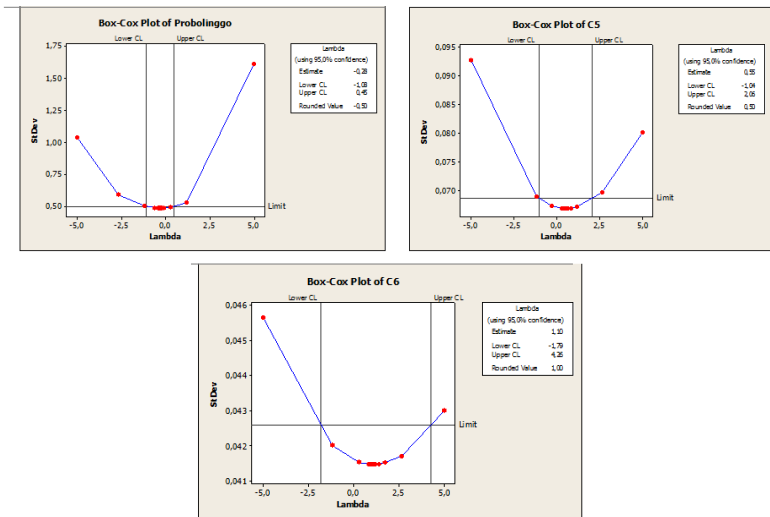
	S1 (t)	S2 (t)
S2 (t)	0,868	
	0,000	
S3 (t)	0,913	0,881
	0,000	0,000

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

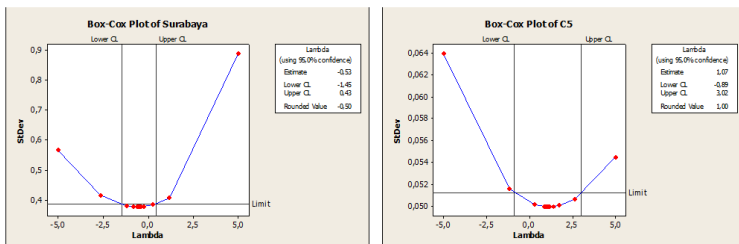
## Lampiran 6 Plot Box-Cox Data Tingkat Inflasi Setelah Transformasi



a. Plot Box-Cox Tingkat Inflasi Kota Malang



b. Plot Box-Cox Tingkat Inflasi Kota Probolinggo



c. Plot Box-Cox Tingkat Inflasi Kota Surabaya

## Lampiran 7 Hasil Estimasi Parameter GSTAR Berdasarkan Persamaan (4.2)

### Regression Analysis: Z1(t) versus psi10\_1; psi11\_1; psi20\_1; psi21\_1

The regression equation is

$$Z1(t) = -0,170 \text{ psi10\_1} + 1,21 \text{ psi11\_1} - 0,921 \text{ psi20\_1} + 0,646 \text{ psi21\_1}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
psi10_1	-0,1696	0,2431	-0,70	0,488
psi11_1	1,2088	0,2718	4,45	0,000
psi20_1	-0,9206	0,2372	-3,88	0,000
psi21_1	0,6460	0,2527	2,56	0,013

$$S = 0,0669404$$

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	29,4501	7,3625	1643,05	0,000
Residual Error	66	0,2957	0,0045		
Total	70	29,7459			

Source	DF	Seq SS
psi10_1	1	29,2777
psi11_1	1	0,0933
psi20_1	1	0,0499
psi21_1	1	0,0293

Obs	psi10_1	Z1(t)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,650	0,73922	0,68394	0,01134	0,05528	0,84
2	0,739	0,66519	0,73653	0,01306	-0,07134	-1,09
3	0,665	0,64282	0,65520	0,01142	-0,01238	-0,19
4	0,643	0,60412	0,63206	0,01146	-0,02794	-0,42
5	0,604	0,51917	0,59238	0,00867	-0,07321	-1,10
6	0,519	0,59868	0,50854	0,01400	0,09014	1,38
7	0,599	0,69843	0,62519	0,01420	0,07324	1,12
8	0,698	0,67574	0,64820	0,01503	0,02754	0,42
9	0,676	0,61085	0,64573	0,01683	-0,03489	-0,54
10	0,611	0,58926	0,66863	0,01465	-0,07938	-1,22
11	0,589	0,61199	0,66020	0,01656	-0,04821	-0,74
12	0,612	0,68359	0,63147	0,01113	0,05211	0,79
13	0,684	0,72357	0,65329	0,01149	0,07028	1,07
14	0,724	0,79556	0,65014	0,01457	0,14541	2,23R



## Lampiran 7 (Lanjutan)

15	0,796	0,69007	0,68081	0,02129	0,00925	0,15
16	0,690	0,62500	0,59148	0,02038	0,03352	0,53
17	0,625	0,60523	0,62167	0,01059	-0,01644	-0,25
18	0,605	0,58321	0,63348	0,01024	-0,05027	-0,76
19	0,583	0,67116	0,61323	0,00990	0,05792	0,87
20	0,671	0,68680	0,67551	0,01158	0,01129	0,17
21	0,687	0,65372	0,73058	0,01872	-0,07686	-1,20
22	0,654	0,61199	0,65079	0,01998	-0,03880	-0,61
23	0,612	0,66372	0,62098	0,01062	0,04274	0,65
24	0,664	0,67729	0,65920	0,01093	0,01809	0,27
25	0,677	0,70535	0,62863	0,01091	0,07672	1,16
26	0,705	0,66372	0,68605	0,01229	-0,02233	-0,34
27	0,664	0,69843	0,65638	0,00976	0,04205	0,63
28	0,698	0,62746	0,64684	0,01359	-0,01939	-0,30
29	0,627	0,63500	0,57316	0,01349	0,06184	0,94
30	0,635	0,57354	0,60949	0,00853	-0,03595	-0,54
31	0,574	0,62994	0,53294	0,01202	0,09700	1,47
32	0,630	0,67116	0,74170	0,03319	-0,07054	-1,21 X
33	0,671	0,66965	0,73596	0,02255	-0,06631	-1,05
34	0,670	0,60858	0,65579	0,00857	-0,04721	-0,71
35	0,609	0,58321	0,62588	0,01084	-0,04267	-0,65
36	0,583	0,58926	0,62001	0,01202	-0,03075	-0,47
37	0,589	0,58421	0,61520	0,00902	-0,03099	-0,47
38	0,584	0,74744	0,61170	0,00900	0,13574	2,05R
39	0,747	0,77850	0,82869	0,02872	-0,05019	-0,83 X
40	0,778	0,58621	0,69452	0,02694	-0,10831	-1,77
41	0,586	0,42679	0,53451	0,02348	-0,10772	-1,72
42	0,427	0,60084	0,52325	0,02523	0,07759	1,25
43	0,601	0,83624	0,66828	0,02211	0,16797	2,66R
44	0,836	0,68041	0,71007	0,03177	-0,02966	-0,50 X
45	0,680	0,66965	0,60389	0,02958	0,06576	1,10 X
46	0,670	0,62869	0,68290	0,01315	-0,05421	-0,83
47	0,629	0,60193	0,60198	0,01113	-0,00005	-0,00
48	0,602	0,65795	0,57202	0,00922	0,08593	1,30
49	0,658	0,64150	0,67846	0,01530	-0,03696	-0,57
50	0,642	0,73127	0,68033	0,01096	0,05094	0,77
51	0,731	0,64957	0,70056	0,01493	-0,05099	-0,78
52	0,650	0,65795	0,62795	0,01473	0,03000	0,46
53	0,658	0,63372	0,65609	0,01130	-0,02236	-0,34
54	0,634	0,63628	0,60587	0,00907	0,03042	0,46
55	0,636	0,66519	0,65274	0,01055	0,01245	0,19
56	0,665	0,64550	0,67534	0,00930	-0,02984	-0,45
57	0,645	0,53376	0,62682	0,00888	-0,09306	-1,40
58	0,534	0,46029	0,56503	0,01464	-0,10475	-1,60
59	0,460	0,70014	0,57155	0,02153	0,12859	2,03R
60	0,700	0,83624	0,75790	0,02629	0,07834	1,27
61	0,836	0,65372	0,72421	0,02384	-0,07049	-1,13
62	0,654	0,63372	0,56895	0,02431	0,06478	1,04
63	0,634	0,63888	0,65349	0,00945	-0,01461	-0,22
64	0,639	0,64820	0,65465	0,00879	-0,00645	-0,10

### Lampiran 7 (Lanjutan)

65	0,648	0,62378	0,63605	0,00860	-0,01226	-0,18
66	0,624	0,66227	0,62579	0,00888	0,03648	0,55
67	0,662	0,67267	0,67038	0,00900	0,00230	0,03
68	0,673	0,70186	0,65352	0,00853	0,04834	0,73
69	0,702	0,68041	0,71946	0,01333	-0,03905	-0,60
70	0,680	0,58824	0,69749	0,01074	-0,10926	-1,65

R denotes an observation with a large standardized residual.  
 X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

### Regression Analysis: Z2(T) versus psi10\_2; psi11\_2; psi20\_2; psi21\_2

The regression equation is

$Z2(T) = 1,09 \text{ psi10\_2} - 0,406 \text{ psi11\_2} + 0,798 \text{ psi20\_2} - 0,698 \text{ psi21\_2}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
psi10_2	1,0855	0,2062	5,26	0,000
psi11_2	-0,4064	0,2086	-1,95	0,056
psi20_2	0,7975	0,2346	3,40	0,001
psi21_2	-0,6977	0,2183	-3,20	0,002

S = 0,0580639

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	45,703	11,426	3389,01	0,000
Residual Error	66	0,223	0,003		
Total	70	45,926			

Source	DF	Seq SS
psi10_2	1	45,640
psi11_2	1	0,024
psi20_2	1	0,005
psi21_2	1	0,034

Obs	psi10_2	Z2(T)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,798	0,89623	0,79248	0,00820	0,10374	1,80
2	0,896	0,83881	0,85237	0,01466	-0,01356	-0,24
3	0,839	0,77237	0,83924	0,00991	-0,06687	-1,17

## Lampiran 7 (Lanjutan)

4	0,772	0,76111	0,77557	0,01168	-0,01446	-0,25
5	0,761	0,67076	0,74683	0,00894	-0,07606	-1,33
6	0,671	0,80094	0,70685	0,01345	0,09409	1,67
7	0,801	0,83269	0,81284	0,02003	0,01985	0,36
8	0,833	0,83881	0,87115	0,01467	-0,03234	-0,58
9	0,839	0,83471	0,83547	0,00824	-0,00077	-0,01
10	0,835	0,79848	0,84077	0,01294	-0,04228	-0,75
11	0,798	0,76304	0,85670	0,01575	-0,09367	-1,68
12	0,763	0,81027	0,80656	0,01410	0,00371	0,07
13	0,810	0,84842	0,79183	0,00961	0,05659	0,99
14	0,848	0,87967	0,81247	0,01073	0,06720	1,18
15	0,880	0,81291	0,82657	0,01641	-0,01366	-0,25
16	0,813	0,80853	0,76246	0,01714	0,04607	0,83
17	0,809	0,76499	0,78726	0,01256	-0,02227	-0,39
18	0,765	0,77796	0,78617	0,01005	-0,00820	-0,14
19	0,778	0,84408	0,79062	0,01216	0,05346	0,94
20	0,844	0,86575	0,87101	0,01340	-0,00526	-0,09
21	0,866	0,80094	0,86654	0,01210	-0,06560	-1,16
22	0,801	0,80343	0,79373	0,01119	0,00970	0,17
23	0,803	0,79369	0,81362	0,00906	-0,01993	-0,35
24	0,794	0,79848	0,80573	0,01071	-0,00725	-0,13
25	0,798	0,88233	0,76889	0,00986	0,11343	1,98
26	0,882	0,81202	0,84141	0,01549	-0,02938	-0,53
27	0,812	0,79212	0,82334	0,01260	-0,03122	-0,55
28	0,792	0,76763	0,75675	0,01322	0,01088	0,19
29	0,768	0,77168	0,72883	0,01299	0,04285	0,76
30	0,772	0,70667	0,75688	0,00726	-0,05021	-0,87
31	0,707	0,88233	0,71569	0,00958	0,16663	2,91R
32	0,882	0,82203	0,85564	0,02267	-0,03361	-0,63
33	0,822	0,81741	0,85404	0,01521	-0,03663	-0,65
34	0,817	0,79607	0,79901	0,00814	-0,00295	-0,05
35	0,796	0,75857	0,79843	0,00898	-0,03986	-0,69
36	0,759	0,76897	0,78882	0,01027	-0,01986	-0,35
37	0,769	0,76499	0,79448	0,01018	-0,02950	-0,52
38	0,765	0,95947	0,80029	0,01103	0,15918	2,79R
39	0,959	0,84842	0,93412	0,02232	-0,08570	-1,60
40	0,848	0,76433	0,84776	0,02162	-0,08343	-1,55
41	0,764	0,66446	0,73640	0,01759	-0,07194	-1,30
42	0,664	0,73589	0,72865	0,02241	0,00724	0,14
43	0,736	0,90360	0,77938	0,01970	0,12422	2,27R
44	0,904	0,85745	0,83972	0,02263	0,01773	0,33
45	0,857	0,82874	0,82143	0,01356	0,00730	0,13
46	0,829	0,76630	0,81871	0,00854	-0,05241	-0,91
47	0,766	0,76304	0,77263	0,01000	-0,00959	-0,17
48	0,763	0,83881	0,76670	0,00959	0,07211	1,26
49	0,839	0,82487	0,84285	0,01134	-0,01798	-0,32
50	0,825	0,85629	0,83551	0,00777	0,02078	0,36
51	0,856	0,82874	0,84338	0,00901	-0,01464	-0,26
52	0,829	0,79767	0,81979	0,00868	-0,02211	-0,39
53	0,798	0,76047	0,79831	0,00847	-0,03784	-0,66

## Lampiran 7 (Lanjutan)

54	0,760	0,83370	0,74606	0,00964	0,08763	1,53
55	0,834	0,83674	0,80852	0,01608	0,02823	0,51
56	0,837	0,79848	0,86413	0,01027	-0,06565	-1,15
57	0,798	0,74138	0,81669	0,00939	-0,07531	-1,31
58	0,741	0,70063	0,77449	0,01415	-0,07386	-1,31
59	0,701	0,86334	0,78121	0,02177	0,08213	1,53
60	0,863	0,89194	0,89242	0,02334	-0,00048	-0,01
61	0,892	0,83881	0,85424	0,02348	-0,01543	-0,29
62	0,839	0,80681	0,78647	0,02390	0,02034	0,38
63	0,807	0,79848	0,83005	0,00956	-0,03157	-0,55
64	0,798	0,80012	0,80354	0,00729	-0,00342	-0,06
65	0,800	0,78012	0,79750	0,00694	-0,01739	-0,30
66	0,780	0,83881	0,78129	0,00755	0,05752	1,00
67	0,839	0,81832	0,82557	0,01165	-0,00725	-0,13
68	0,818	0,83881	0,83208	0,01003	0,00673	0,12
69	0,839	0,83572	0,79700	0,01491	0,03872	0,69
70	0,836	0,80259	0,78014	0,01546	0,02245	0,40

R denotes an observation with a large standardized residual.

### Regression Analysis: Z3(t) versus psi10\_3; psi11\_3; psi20\_3; psi21\_3

The regression equation is

$$Z3(t) = -0,582 \text{ psi10\_3} + 1,41 \text{ psi11\_3} - 0,424 \text{ psi20\_3} + 0,375 \text{ psi21\_3}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
psi10_3	-0,5816	0,2504	-2,32	0,023
psi11_3	1,4074	0,2211	6,36	0,000
psi20_3	-0,4240	0,2514	-1,69	0,096
psi21_3	0,3754	0,2735	1,37	0,174

S = 0,0592379

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	29,1920	7,2980	2079,72	0,000
Residual Error	66	0,2316	0,0035		
Total	70	29,4236			

Source	DF	Seq SS
--------	----	--------

### Lampiran 7 (Lanjutan)

```
psi10_3 1 29,0317
psi11_3 1 0,1495
psi20_3 1 0,0041
psi21_3 1 0,0066
```

Obs	psi10_3	Z3(t)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,667	0,72932	0,61612	0,01242	0,11321	1,95
2	0,729	0,68199	0,71019	0,01530	-0,02819	-0,49
3	0,682	0,64820	0,65329	0,01045	-0,00508	-0,09
4	0,648	0,60193	0,60698	0,00964	-0,00505	-0,09
5	0,602	0,50063	0,59594	0,00863	-0,09531	-1,63
6	0,501	0,55641	0,54169	0,01487	0,01473	0,26
7	0,556	0,61199	0,66541	0,01870	-0,05342	-0,95
8	0,612	0,70360	0,74291	0,02372	-0,03931	-0,72
9	0,704	0,64018	0,67879	0,01976	-0,03860	-0,69
10	0,640	0,59235	0,62319	0,01079	-0,03084	-0,53
11	0,592	0,59976	0,62421	0,00999	-0,02445	-0,42
12	0,600	0,65938	0,62218	0,00936	0,03720	0,64
13	0,659	0,67884	0,66675	0,00929	0,01210	0,21
14	0,679	0,74953	0,70768	0,00930	0,04185	0,72
15	0,750	0,69505	0,74683	0,01033	-0,05178	-0,89
16	0,695	0,63372	0,64590	0,01268	-0,01218	-0,21
17	0,634	0,62746	0,62141	0,01016	0,00604	0,10
18	0,627	0,56980	0,59369	0,00856	-0,02388	-0,41
19	0,570	0,62017	0,61080	0,01169	0,00938	0,16
20	0,620	0,76923	0,71302	0,01677	0,05621	0,99
21	0,769	0,62500	0,66016	0,02450	-0,03516	-0,65
22	0,625	0,62137	0,61983	0,02169	0,00154	0,03
23	0,621	0,64685	0,63606	0,00957	0,01078	0,18
24	0,647	0,66667	0,64641	0,00736	0,02026	0,34
25	0,667	0,69171	0,64561	0,00775	0,04611	0,79
26	0,692	0,68680	0,70328	0,01033	-0,01648	-0,28
27	0,687	0,67884	0,63816	0,01204	0,04068	0,70
28	0,679	0,62869	0,63608	0,01198	-0,00739	-0,13
29	0,629	0,61780	0,60330	0,00922	0,01450	0,25
30	0,618	0,55385	0,62088	0,00745	-0,06703	-1,14
31	0,554	0,71429	0,57600	0,01134	0,13829	2,38R
32	0,714	0,68359	0,64594	0,01954	0,03765	0,67
33	0,684	0,66667	0,62793	0,01450	0,03874	0,67
34	0,667	0,62994	0,64376	0,00912	-0,01382	-0,24
35	0,630	0,58824	0,61203	0,00834	-0,02379	-0,41
36	0,588	0,57448	0,59219	0,00794	-0,01771	-0,30
37	0,574	0,58222	0,61760	0,00964	-0,03538	-0,61
38	0,582	0,78326	0,61560	0,01066	0,16766	2,88R
39	0,783	0,71982	0,74451	0,02277	-0,02469	-0,45
40	0,720	0,62622	0,71091	0,01084	-0,08468	-1,45
41	0,626	0,46274	0,58071	0,01707	-0,11796	-2,08R
42	0,463	0,57831	0,47857	0,01734	0,09975	1,76
43	0,578	0,71067	0,60723	0,01415	0,10343	1,80

## Lampiran 7 (Lanjutan)

44	0,711	0,73721	0,81376	0,02445	-0,07655	-1,42
45	0,737	0,66667	0,67310	0,02471	-0,00644	-0,12 X
46	0,667	0,62017	0,63685	0,01545	-0,01668	-0,29
47	0,620	0,56077	0,61440	0,00898	-0,05362	-0,92
48	0,561	0,66965	0,62760	0,01362	0,04205	0,73
49	0,670	0,66965	0,67582	0,01367	-0,00617	-0,11
50	0,670	0,67884	0,63279	0,00866	0,04606	0,79
51	0,679	0,67884	0,70869	0,01259	-0,02984	-0,52
52	0,679	0,64957	0,64954	0,01288	0,00003	0,00
53	0,650	0,64282	0,63082	0,00920	0,01201	0,21
54	0,643	0,63246	0,60034	0,00912	0,03211	0,55
55	0,632	0,64416	0,64909	0,01106	-0,00493	-0,08
56	0,644	0,63372	0,68359	0,01016	-0,04987	-0,85
57	0,634	0,55300	0,65065	0,01041	-0,09765	-1,67
58	0,553	0,48622	0,57090	0,01302	-0,08468	-1,47
59	0,486	0,64416	0,53052	0,01287	0,11364	1,97
60	0,644	0,79556	0,73080	0,02298	0,06476	1,19
61	0,796	0,65094	0,77096	0,01750	-0,12001	-2,12R
62	0,651	0,64416	0,65305	0,01632	-0,00889	-0,16
63	0,644	0,64685	0,63683	0,00831	0,01001	0,17
64	0,647	0,62746	0,62664	0,00745	0,00082	0,01
65	0,627	0,64820	0,64421	0,00830	0,00399	0,07
66	0,648	0,63500	0,61110	0,01001	0,02390	0,41
67	0,635	0,66519	0,66940	0,01298	-0,00421	-0,07
68	0,665	0,77615	0,66933	0,01062	0,10682	1,83
69	0,776	0,71067	0,62555	0,02497	0,08512	1,58 X
70	0,711	0,58321	0,60819	0,02627	-0,02498	-0,47 X

R denotes an observation with a large standardized residual.  
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

## Lampiran 8 Hasil Estimasi Parameter Signifikan Berdasarkan Persamaan (4.3)

### Regression Analysis: Z1(t) versus psi11\_1; psi20\_1; psi21\_1

The regression equation is

$$Z1(t) = 1,04 \text{ psi11\_1} - 0,921 \text{ psi20\_1} + 0,664 \text{ psi21\_1}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
psi11_1	1,0400	0,1233	8,43	0,000
psi20_1	-0,9213	0,2363	-3,90	0,000
psi21_1	0,6644	0,2504	2,65	0,010

$$S = 0,0666836$$

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	29,4480	9,8160	2207,48	0,000
Residual Error	67	0,2979	0,0044		
Total	70	29,7459			

Source	DF	Seq SS
psi11_1	1	29,3703
psi20_1	1	0,0464
psi21_1	1	0,0313

Obs	psi11_1	Z1(t)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,735	0,73922	0,68276	0,01117	0,05646	0,86
2	0,815	0,66519	0,73739	0,01295	-0,07219	-1,10
3	0,763	0,64282	0,65379	0,01119	-0,01097	-0,17
4	0,712	0,60412	0,63448	0,01088	-0,03036	-0,46
5	0,684	0,51917	0,59209	0,00863	-0,07292	-1,10
6	0,588	0,59868	0,50949	0,01388	0,08919	1,37
7	0,682	0,69843	0,62205	0,01341	0,07638	1,17
8	0,726	0,67574	0,65634	0,00944	0,01940	0,29
9	0,773	0,61085	0,64272	0,01620	-0,03187	-0,49
10	0,740	0,58926	0,66105	0,00980	-0,07180	-1,09
11	0,698	0,61199	0,65546	0,01505	-0,04347	-0,67
12	0,684	0,68359	0,63231	0,01102	0,05128	0,78
13	0,737	0,72357	0,65700	0,01014	0,06657	1,01
14	0,766	0,79556	0,65666	0,01114	0,13890	2,11R
15	0,817	0,69007	0,69154	0,01467	-0,00148	-0,02
16	0,756	0,62500	0,59546	0,01949	0,02954	0,46
17	0,724	0,60523	0,61897	0,00982	-0,01374	-0,21

## Lampiran 8 (Lanjutan)

18	0,698	0,58321	0,63117	0,00966	-0,04796	-0,73
19	0,677	0,67116	0,61033	0,00895	0,06083	0,92
20	0,735	0,68680	0,67728	0,01126	0,00952	0,14
21	0,819	0,65372	0,72193	0,01397	-0,06821	-1,05
22	0,716	0,61199	0,65549	0,01873	-0,04350	-0,68
23	0,715	0,66372	0,61681	0,00874	0,04691	0,71
24	0,722	0,67729	0,66258	0,00976	0,01470	0,22
25	0,735	0,70535	0,63237	0,00946	0,07298	1,11
26	0,790	0,66372	0,68543	0,01221	-0,02171	-0,33
27	0,751	0,69843	0,65621	0,00972	0,04222	0,64
28	0,737	0,62746	0,65426	0,00843	-0,02680	-0,41
29	0,700	0,63500	0,57449	0,01330	0,06051	0,93
30	0,697	0,57354	0,61201	0,00770	-0,03847	-0,58
31	0,633	0,62994	0,53586	0,01122	0,09408	1,43
32	0,801	0,67116	0,72463	0,02234	-0,05348	-0,85
33	0,755	0,66965	0,73669	0,02244	-0,06704	-1,07
34	0,744	0,60858	0,65719	0,00831	-0,04861	-0,73
35	0,715	0,58321	0,62159	0,00888	-0,03837	-0,58
36	0,676	0,58926	0,61759	0,01146	-0,02834	-0,43
37	0,675	0,58421	0,61332	0,00858	-0,02912	-0,44
38	0,676	0,74744	0,60865	0,00783	0,13878	2,10R
39	0,874	0,77850	0,82000	0,02578	-0,04150	-0,67 X
40	0,786	0,58621	0,70947	0,01627	-0,12326	-1,91
41	0,697	0,42679	0,53018	0,02255	-0,10339	-1,65
42	0,567	0,60084	0,51244	0,01984	0,08840	1,39
43	0,659	0,83624	0,66902	0,02200	0,16722	2,66R
44	0,810	0,68041	0,72692	0,02055	-0,04651	-0,73
45	0,799	0,66965	0,59876	0,02855	0,07089	1,18 X
46	0,750	0,62869	0,68412	0,01298	-0,05543	-0,85
47	0,695	0,60193	0,60460	0,01044	-0,00267	-0,04
48	0,665	0,65795	0,57426	0,00861	0,08369	1,27
49	0,757	0,64150	0,67416	0,01395	-0,03266	-0,50
50	0,750	0,73127	0,67610	0,00910	0,05517	0,84
51	0,770	0,64957	0,70795	0,01048	-0,05838	-0,89
52	0,756	0,65795	0,62420	0,01366	0,03375	0,52
53	0,726	0,63372	0,65865	0,01065	-0,02493	-0,38
54	0,703	0,63628	0,60755	0,00871	0,02874	0,43
55	0,736	0,66519	0,64894	0,00900	0,01625	0,25
56	0,743	0,64550	0,67582	0,00924	-0,03032	-0,46
57	0,719	0,53376	0,62825	0,00860	-0,09449	-1,43
58	0,650	0,46029	0,55864	0,01138	-0,09836	-1,50
59	0,597	0,70014	0,56052	0,01456	0,13962	2,15R
60	0,757	0,83624	0,75955	0,02608	0,07669	1,25 X
61	0,845	0,65372	0,73685	0,01544	-0,08313	-1,28
62	0,748	0,63372	0,56862	0,02421	0,06510	1,05 X
63	0,728	0,63888	0,65144	0,00895	-0,01256	-0,19
64	0,725	0,64820	0,65363	0,00864	-0,00542	-0,08
65	0,716	0,62378	0,63799	0,00811	-0,01421	-0,21
66	0,716	0,66227	0,62346	0,00820	0,03880	0,59
67	0,740	0,67267	0,67057	0,00896	0,00210	0,03



### Lampiran 8 (Lanjutan)

68	0,744	0,70186	0,65520	0,00815	0,04666	0,71
69	0,808	0,68041	0,71530	0,01188	-0,03488	-0,53
70	0,775	0,58824	0,69648	0,01060	-0,10825	-1,64

R denotes an observation with a large standardized residual.  
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

### Regression Analysis: Z2(T) versus psi10\_2; psi20\_2; psi21\_2

The regression equation is

$$Z2(T) = 0,750 \text{ psi10\_2} + 0,879 \text{ psi20\_2} - 0,788 \text{ psi21\_2}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
psi10_2	0,7501	0,1158	6,48	0,000
psi20_2	0,8788	0,2356	3,73	0,000
psi21_2	-0,7875	0,2178	-3,62	0,001

$$S = 0,0592631$$

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	45,690	15,230	4336,43	0,000
Residual Error	67	0,235	0,004		
Total	70	45,926			

Source	DF	Seq SS
psi10_2	1	45,640
psi20_2	1	0,005
psi21_2	1	0,046

Obs	psi10_2	Z2(T)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,798	0,89623	0,79998	0,00739	0,09624	1,64
2	0,896	0,83881	0,85610	0,01483	-0,01729	-0,30
3	0,839	0,77237	0,83820	0,01010	-0,06583	-1,13
4	0,772	0,76111	0,78644	0,01048	-0,02533	-0,43
5	0,761	0,67076	0,74140	0,00867	-0,07064	-1,20
6	0,671	0,80094	0,69699	0,01272	0,10394	1,80
7	0,801	0,83269	0,78812	0,01582	0,04457	0,78
8	0,833	0,83881	0,87240	0,01496	-0,03359	-0,59
9	0,839	0,83471	0,84251	0,00756	-0,00780	-0,13
10	0,835	0,79848	0,82084	0,00809	-0,02236	-0,38
11	0,798	0,76304	0,84063	0,01370	-0,07760	-1,35

## Lampiran 8 (Lanjutan)

12	0,763	0,81027	0,80882	0,01434	0,00144	0,03
13	0,810	0,84842	0,80080	0,00861	0,04762	0,81
14	0,848	0,87967	0,81892	0,01042	0,06075	1,04
15	0,880	0,81291	0,85191	0,01021	-0,03900	-0,67
16	0,813	0,80853	0,77308	0,01658	0,03545	0,62
17	0,809	0,76499	0,77554	0,01125	-0,01055	-0,18
18	0,765	0,77796	0,78890	0,01016	-0,01094	-0,19
19	0,778	0,84408	0,77100	0,00695	0,07308	1,24
20	0,844	0,86575	0,86238	0,01291	0,00338	0,06
21	0,866	0,80094	0,88123	0,00966	-0,08029	-1,37
22	0,801	0,80343	0,79051	0,01129	0,01292	0,22
23	0,803	0,79369	0,80215	0,00703	-0,00846	-0,14
24	0,794	0,79848	0,81595	0,00953	-0,01747	-0,30
25	0,798	0,88233	0,77986	0,00827	0,10247	1,75
26	0,882	0,81202	0,83399	0,01533	-0,02197	-0,38
27	0,812	0,79212	0,83394	0,01160	-0,04182	-0,72
28	0,792	0,76763	0,77658	0,00862	-0,00895	-0,15
29	0,768	0,77168	0,72900	0,01326	0,04268	0,74
30	0,772	0,70667	0,75879	0,00734	-0,05212	-0,89
31	0,707	0,88233	0,71439	0,00976	0,16794	2,87R
32	0,882	0,82203	0,83833	0,02129	-0,01629	-0,29 X
33	0,822	0,81741	0,86498	0,01443	-0,04757	-0,83
34	0,817	0,79607	0,80238	0,00812	-0,00631	-0,11
35	0,796	0,75857	0,78914	0,00777	-0,03056	-0,52
36	0,759	0,76897	0,78145	0,00974	-0,01248	-0,21
37	0,769	0,76499	0,78225	0,00817	-0,01727	-0,29
38	0,765	0,95947	0,79089	0,01012	0,16858	2,89R
39	0,959	0,84842	0,93256	0,02276	-0,08414	-1,54 X
40	0,848	0,76433	0,87778	0,01549	-0,11345	-1,98
41	0,764	0,66446	0,72725	0,01730	-0,06279	-1,11
42	0,664	0,73589	0,69376	0,01375	0,04212	0,73
43	0,736	0,90360	0,78661	0,01975	0,11700	2,09R
44	0,904	0,85745	0,85950	0,02064	-0,00205	-0,04
45	0,857	0,82874	0,82459	0,01375	0,00414	0,07
46	0,829	0,76630	0,81847	0,00871	-0,05217	-0,89
47	0,766	0,76304	0,77677	0,00997	-0,01373	-0,24
48	0,763	0,83881	0,75373	0,00705	0,08507	1,45
49	0,839	0,82487	0,84072	0,01152	-0,01585	-0,27
50	0,825	0,85629	0,83339	0,00785	0,02290	0,39
51	0,856	0,82874	0,85165	0,00812	-0,02291	-0,39
52	0,829	0,79767	0,81738	0,00877	-0,01970	-0,34
53	0,798	0,76047	0,80431	0,00805	-0,04384	-0,75
54	0,760	0,83370	0,75629	0,00825	0,07741	1,32
55	0,834	0,83674	0,79120	0,01368	0,04555	0,79
56	0,837	0,79848	0,86055	0,01032	-0,06206	-1,06
57	0,798	0,74138	0,81806	0,00956	-0,07668	-1,31
58	0,741	0,70063	0,75373	0,00950	-0,05310	-0,91
59	0,701	0,86334	0,74963	0,01483	0,11371	1,98
60	0,863	0,89194	0,89127	0,02382	0,00067	0,01 X
61	0,892	0,83881	0,89680	0,00880	-0,05799	-0,99

### Lampiran 8 (Lanjutan)

62	0,839	0,80681	0,76930	0,02267	0,03752	0,69	X
63	0,807	0,79848	0,82847	0,00973	-0,02999	-0,51	
64	0,798	0,80012	0,80502	0,00740	-0,00491	-0,08	
65	0,800	0,78012	0,79577	0,00702	-0,01566	-0,27	
66	0,780	0,83881	0,78537	0,00741	0,05344	0,91	
67	0,839	0,81832	0,81452	0,01039	0,00380	0,07	
68	0,818	0,83881	0,83934	0,00950	-0,00053	-0,01	
69	0,839	0,83572	0,82127	0,00836	0,01446	0,25	
70	0,836	0,80259	0,78404	0,01565	0,01855	0,32	

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

### Regression Analysis: Z3(t) versus psi10\_3; psi11\_3

The regression equation is

$$Z3(t) = -0,582 \text{ psi10\_3} + 1,41 \text{ psi11\_3}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
psi10_3	-0,5821	0,2432	-2,39	0,019
psi11_3	1,4058	0,2170	6,48	0,000

$$S = 0,0596960$$

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	29,181	14,591	4094,33	0,000
Residual Error	68	0,242	0,004		
Total	70	29,424			

Source	DF	Seq SS
psi10_3	1	29,032
psi11_3	1	0,150

Obs	psi10_3	Z3(t)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,667	0,72932	0,62552	0,00915	0,10381	1,76
2	0,729	0,68199	0,72053	0,00802	-0,03854	-0,65
3	0,682	0,64820	0,65521	0,00817	-0,00700	-0,12
4	0,648	0,60193	0,61372	0,00841	-0,01179	-0,20
5	0,602	0,50063	0,60475	0,00672	-0,10412	-1,76
6	0,501	0,55641	0,54065	0,00877	0,01576	0,27
7	0,556	0,61199	0,65411	0,01695	-0,04212	-0,74

## Lampiran 8 (Lanjutan)

8	0,612	0,70360	0,71616	0,01817	-0,01256	-0,22	X
9	0,704	0,64018	0,65035	0,01063	-0,01017	-0,17	
10	0,640	0,59235	0,63701	0,00704	-0,04466	-0,75	
11	0,592	0,59976	0,62464	0,00869	-0,02488	-0,42	
12	0,600	0,65938	0,61307	0,00717	0,04631	0,78	
13	0,659	0,67884	0,66259	0,00737	0,01625	0,27	
14	0,679	0,74953	0,70624	0,00904	0,04329	0,73	
15	0,750	0,69505	0,73884	0,00826	-0,04379	-0,74	
16	0,695	0,63372	0,64835	0,00990	-0,01463	-0,25	
17	0,634	0,62746	0,63348	0,00701	-0,00603	-0,10	
18	0,627	0,56980	0,59331	0,00821	-0,02351	-0,40	
19	0,570	0,62017	0,61951	0,01049	0,00067	0,01	
20	0,620	0,76923	0,69911	0,01467	0,07012	1,21	
21	0,769	0,62500	0,63841	0,02097	-0,01341	-0,24	X
22	0,625	0,62137	0,65446	0,00871	-0,03309	-0,56	
23	0,621	0,64685	0,62772	0,00706	0,01913	0,32	
24	0,647	0,66667	0,64418	0,00712	0,02249	0,38	
25	0,667	0,69171	0,64580	0,00769	0,04592	0,78	
26	0,692	0,68680	0,70827	0,00835	-0,02146	-0,36	
27	0,687	0,67884	0,63328	0,01055	0,04556	0,78	
28	0,679	0,62869	0,64990	0,00827	-0,02120	-0,36	
29	0,629	0,61780	0,61064	0,00718	0,00716	0,12	
30	0,618	0,55385	0,62523	0,00706	-0,07138	-1,20	
31	0,554	0,71429	0,57366	0,00716	0,14063	2,37R	
32	0,714	0,68359	0,63995	0,01314	0,04364	0,75	
33	0,684	0,66667	0,64734	0,00886	0,01933	0,33	
34	0,667	0,62994	0,65297	0,00743	-0,02303	-0,39	
35	0,630	0,58824	0,61527	0,00707	-0,02703	-0,46	
36	0,588	0,57448	0,59571	0,00674	-0,02122	-0,36	
37	0,574	0,58222	0,61514	0,00944	-0,03292	-0,56	
38	0,582	0,78326	0,60426	0,00763	0,17900	3,02R	
39	0,783	0,71982	0,73778	0,01049	-0,01796	-0,31	
40	0,720	0,62622	0,72259	0,00802	-0,09637	-1,63	
41	0,626	0,46274	0,57967	0,00938	-0,11693	-1,98	
42	0,463	0,57831	0,49085	0,00709	0,08747	1,48	
43	0,578	0,71067	0,59909	0,00749	0,11158	1,88	
44	0,711	0,73721	0,80737	0,01767	-0,07016	-1,23	X
45	0,737	0,66667	0,64677	0,01532	0,01990	0,34	
46	0,667	0,62017	0,66060	0,00732	-0,04043	-0,68	
47	0,620	0,56077	0,61561	0,00681	-0,05484	-0,92	
48	0,561	0,66965	0,62840	0,01276	0,04125	0,71	
49	0,670	0,66965	0,65709	0,00743	0,01256	0,21	
50	0,670	0,67884	0,63566	0,00856	0,04318	0,73	
51	0,679	0,67884	0,71718	0,01009	-0,03834	-0,65	
52	0,679	0,64957	0,63882	0,00915	0,01075	0,18	
53	0,650	0,64282	0,64106	0,00715	0,00177	0,03	
54	0,643	0,63246	0,60218	0,00891	0,03028	0,51	
55	0,632	0,64416	0,65944	0,00855	-0,01529	-0,26	
56	0,644	0,63372	0,67584	0,00911	-0,04212	-0,71	
57	0,634	0,55300	0,64171	0,00726	-0,08871	-1,50	

### Lampiran 8 (Lanjutan)

58	0,553	0,48622	0,56844	0,00682	-0,08223	-1,39
59	0,486	0,64416	0,52608	0,00864	0,11808	2,00
60	0,644	0,79556	0,71934	0,01432	0,07621	1,32
61	0,796	0,65094	0,75009	0,01059	-0,09915	-1,69
62	0,651	0,64416	0,66489	0,00775	-0,02073	-0,35
63	0,644	0,64685	0,63264	0,00714	0,01421	0,24
64	0,647	0,62746	0,62923	0,00735	-0,00177	-0,03
65	0,627	0,64820	0,64844	0,00800	-0,00024	-0,00
66	0,648	0,63500	0,60501	0,00920	0,02999	0,51
67	0,635	0,66519	0,68042	0,01049	-0,01523	-0,26
68	0,665	0,77615	0,65665	0,00732	0,11950	2,02R
69	0,776	0,71067	0,62724	0,02357	0,08343	1,52 X
70	0,711	0,58321	0,64758	0,01177	-0,06436	-1,10

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

## Lampiran 9 Listing Program Filter Kalman untuk Estimasi Parameter GSTAR

```

clear all
clc
tic
%Data Yang Diperlukan
a=xlsread('DATA_TAKU.xlsx');
b=xlsread('PERAMALAN.xlsx');

%TAHAP INISIALISASI
n=length(a);

z1(1)=a(1,1);
z2(1)=a(1,2);
z3(1)=a(1,3);
z1(2)=a(2,1);
z2(2)=a(2,2);
z3(2)=a(2,3);
b2(1)=1.1234;
b3(1)=-0.8787;
b4(1)=0.7667;
b5(1)=0.7012;
b7(1)=0.8099;
b8(1)=-0.8097;
b9(1)=-0.6767;
b10(1)=1.2348;

Q=0.3;
R=0.3;
Qk=eye(11);
Rk=R;
x0=[z1(1);b2(1);b3(1);b4(1);z2(1);b5(1);b7(1);b8(1);
    z3(1);b9(1);b10(1)];
P=eye(11)*0.05;
x0kf=x0;

for i=3:n
    A=[0 (0.51*z2(i-1)+0.49*z3(i-1)) z1(i-2)
        (0.51*z2(i-2)+0.49*z3(i-2)) 0 0 0 0 0 0 0;
        0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
        0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0;

```

### Lampiran 9 (Lanjutan)

```

    0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0;
    0 0 0 0 0 z2(i-1) (0.54*z1(i-1)+0.46*z3(i-
1)) z2(i-2) (0.54*z1(i-2)+0.46*z3(i-2)) 0 0;
    0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0;
    0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0;
    0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0;
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 z3(i-1) (0.52*z1(i-
1)+0.48*z2(i-1));
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0;
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1];
H=[1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
    0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0;
    0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0];

% for i=1:n
    x_ukur(1,i)=a(i,1);
    x_ukur(2,i)=a(i,2);
    x_ukur(3,i)=a(i,3);
Z=x_ukur(:,i);
% end

% TAHAP PREDIKSI
x_pre=A*x0kf;
P_pre=A*P*A'+Qk;

%TAHAP KOREKSI
K_gain=P_pre*H'*inv((H*P_pre*H'+Rk));
P_kor=(eye(11)-K_gain*H)*P_pre;
x_kor(:,i)=x_pre+K_gain*(Z-(H*x_pre));

P=P_kor;
x0kf=x_kor(:,i);
phi11_1(i)=x_kor(2,i);
phi20_1(i)=x_kor(3,i);
phi21_1(i)=x_kor(4,i);
phi10_2(i)=x_kor(6,i);
phi20_2(i)=x_kor(7,i);
phi21_2(i)=x_kor(8,i);
phi10_3(i)=x_kor(10,i);
phi11_3(i)=x_kor(11,i);

```

### Lampiran 9 (Lanjutan)

```

    z1(i)=x_kor(1,i);
    z2(i)=x_kor(5,i);
    z3(i)=x_kor(9,i);
end

strcat('nilai phi11_1 = ',num2str(x_kor(2,n)))
strcat('nilai phi20_1 = ',num2str(x_kor(3,n)))
strcat('nilai phi21_1 = ',num2str(x_kor(4,n)))
strcat('nilai phi10_2 = ',num2str(x_kor(6 ,i)))
strcat('nilai phi20_2 = ',num2str(x_kor(7, i)))
strcat('nilai phi21_2 = ',num2str(x_kor(8,i)))
strcat('nilai phi10_3 = ',num2str(x_kor(10,i)))
strcat('nilai phi11_3 = ',num2str(x_kor(11,i)))

c1(1)=z1(1);
c1(2)=z1(2);
c2(1)=z2(1);
c2(2)=z2(2);
c3(1)=z3(1);
c3(2)=z3(2);

ct1=(c1) '
ct2=(c2) '
ct3=(c3) '

%GRAFIK INSAMPLE
figure(1)
title('Perbandingan Data In-Sample Peramalan
Tingkat Inflasi Kota Malang');
hold on
plot(a(1:72,1), 'b');
plot(z1(1:72), 'r');
legend('aktual', 'GSTAR-Filter Kalman')
xlabel('Periode ke- (bulan)');
ylabel('Tingkat Inflasi');
grid on

figure(2)
title('Perbandingan Data In-Sample Peramalan
Tingkat Inflasi Kota Probolinggo');
```



### Lampiran 9 (Lanjutan)

```

hold on
plot(a(1:72,2), 'b');
plot(z2(1:72), 'r');
legend('aktual', 'GSTAR-Filter Kalman')
xlabel('Periode ke- (bulan)');
ylabel('Tingkat Inflasi');
grid on

figure(3)
title('Perbandingan Data In-Sample Peramalan
Tingkat Inflasi Kota Surabaya');
hold on
plot(a(1:72,3), 'b');
plot(z3(1:72), 'r');
legend('aktual', 'GSTAR-Filter Kalman')
xlabel('Periode ke- (bulan)');
ylabel('Tingkat Inflasi');
grid on

%GRAFIK OUTSAMPLE
figure(4)
title('Perbandingan Data Outsample Peramalan
Tingkat Inflasi Kota Malang');
hold on
plot(a(73:84,1), 'b');
plot(a(73:84,4), 'g');
plot(z1(73:84), 'r');
legend('aktual', 'GSTAR-Least Square', 'GSTAR-
Filter Kalman')
xlabel('Periode ke- (bulan)');
ylabel('Tingkat Inflasi');
grid on

figure(5)
title('Perbandingan Data Outsample Peramalan
Tingkat Inflasi Kota Probolinggo');
hold on
plot(a(73:84,2), 'b');
plot(a(73:84,5), 'g');
plot(z2(73:84), 'r');

```

### Lampiran 9 (Lanjutan)

```

legend('aktual', 'GSTAR-Least Square', 'GSTAR-
Filter Kalman')
xlabel('Periode ke- (bulan)');
ylabel('Tingkat Inflasi');
grid on

figure(6)
title('Perbandingan Data Outsample Peramalan
Tingkat Inflasi Kota Surabaya');
hold on
plot(a(73:84,3), 'b');
plot(a(73:84,6), 'g');
plot(z3(73:84), 'r');
legend('aktual', 'GSTAR-Least Square', 'GSTAR-
Filter Kalman')
xlabel('Periode ke- (bulan)');
ylabel('Tingkat Inflasi');
grid on

% GRAFIK PARAMETER
figure(7)
p1=[x_kor(2,n) x_kor(3,n) x_kor(4,n)]
title('Perbandingan Parameter Least Square dan
Filter Kalman Kota Malang');
hold on
plot(a(77:79,7), 'b');
plot(p1, 'r');
set(gca, 'YTickLabel', {' ', '-1', '-
0.5', '0', '0.5', '1', '1.5'})
set(gca, 'XTickLabel', {'phi11_1 ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ',
', 'phi20_1', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', 'phi21_1'})
legend('Parameter Least Square', 'Parameter Filter
Kalman')
xlabel('Parameter');
ylabel('Nilai Parameter');
grid on

figure(8)
p2=[x_kor(6,n) x_kor(7,n) x_kor(8,n)]

```

### Lampiran 9 (Lanjutan)

```

title('Perbandingan Parameter Least Square dan
Filter Kalman Kota Probolinggo');
hold on
plot(a(80:82,7),'b');
plot(p2,'r');
set(gca,'YTickLabel',{' ','-0.6','-0.4','-
0.2','0','0.2','0.4','0.6','0.8','1'})
set(gca,'XTickLabel',{'phi10_2',' ',' ',' ',' ','
','phi20_2',' ',' ',' ',' ','phi21_2'})
legend('Parameter Least Square','Parameter Filter
Kalman')
xlabel('Parameter');
ylabel('Nilai Parameter');
grid on

```

```

figure(9)
p3=[x_kor(10,n) x_kor(11,n)]
title('Perbandingan Parameter Least Square dan
Filter Kalman Kota Surabaya');
hold on
plot(a(83:84,7),'b');
plot(p3,'r');
set(gca,'YTickLabel',{' ','-
0.5','0','0.5','1','1.5'})
set(gca,'XTickLabel',{'phi10_3',' ',' ',' ',' ','
',' ',' ',' ',' ','phi11_3'})
legend('Parameter Least Square','Parameter Filter
Kalman')
xlabel('Parameter');
ylabel('Nilai Parameter');
grid on

```

```

skw12=0;
skw22=0;
skw32=0;

for i=73:84
erory1=z1(i)-a(i,1);
skw1=(erory1^2);
skw12=skw12+skw1;

```

**Lampiran 9 (Lanjutan)**

```
erory2=z2(i)-a(i,2);  
skw2=(erory2^2);  
skw22=skw22+skw2;
```

```
erory3=z3(i)-a(i,3);  
skw3=(erory3^2);  
skw32=skw32+skw3;
```

```
end
```

```
rtrt1=(skw12/12);  
rtrt2=(skw22/12);  
rtrt3=(skw32/12);
```

```
RMSEy1=sqrt(rtrt1)  
RMSEy2=sqrt(rtrt2)  
RMSEy3=sqrt(rtrt3)  
toc
```

### **Lampiran 10 Output Matlab Hasil Estimasi Parameter Filter Kalman**

ans =

nilai phi11\_1 =0.92094

ans =

nilai phi20\_1 =-1.0134

ans =

nilai phi21\_1 =0.77501

ans =

nilai phi10\_2 =0.90995

ans =

nilai phi20\_2 =-0.29224

ans =

nilai phi21\_2 =-0.28106

ans =

nilai phi10\_3 =-0.59479

ans =

nilai phi11\_3 =1.4166

## Lampiran 11 Makro SAS Untuk Pengolahan GSTAR

```

data inflasiakhir;
input z1t z2t z3t;
datalines;
0.773746948 0.607456739 0.632455532
0.805958933 0.637576713 0.666666667
0.85977978 0.803219329 0.729324957
0.815591874 0.703597545 0.681994339
0.801763273 0.596549986 0.648203724
0.777252915 0.579284446 0.601929265
0.720537391 0.449921271 0.500626174
0.773746948 0.641500299 0.556414884
0.835721422 0.693375245 0.611990061
0.822032468 0.703597545 0.703597545
0.781567158 0.696733014 0.6401844
0.767629892 0.637576713 0.592348878
0.782297936 0.58222251 0.599760144
0.826792554 0.656532164 0.659380473
0.850631886 0.719815751 0.678844233
0.89194018 0.773823233 0.749531689
0.830701847 0.6608186 0.695048047
0.790569415 0.65372045 0.633724251
0.777963709 0.585205736 0.627455805
0.763683078 0.605227533 0.569802882
0.819241146 0.7124705 0.620173673
0.828735675 0.749531689 0.769230769
0.808529808 0.641500299 0.625
0.782297936 0.645497224 0.621369766
0.814692158 0.629940788 0.646846227
0.822973548 0.637576713 0.666666667
0.839848567 0.778498944 0.691714464
0.814692158 0.659380473 0.68680282
0.835721422 0.627455805 0.678844233
0.79212108 0.589255651 0.628694613
0.796869271 0.595491334 0.617802063
0.757323798 0.499376169 0.553848776
0.793688093 0.778498944 0.714285714
0.819241146 0.675737378 0.683585927
0.818321166 0.668153105 0.666666667
0.780115773 0.633724251 0.629940788
0.763683078 0.575435338 0.588235294

```

### Lampiran 11 (Lanjutan)

0.767629892	0.591312396	0.57448499
0.764333852	0.585205736	0.58222251
0.864543286	0.920574618	0.78326045
0.882325872	0.719815751	0.719815751
0.765643769	0.584206238	0.626224291
0.653291359	0.441510786	0.462744813
0.775139838	0.541530361	0.578314932
0.914462689	0.816496581	0.710669055
0.824872001	0.735214622	0.737209781
0.818321166	0.68680282	0.666666667
0.792902651	0.58722022	0.620173673
0.775841005	0.58222251	0.560772154
0.811142216	0.703597545	0.66964953
0.800937138	0.680413817	0.66964953
0.85514468	0.733235575	0.678844233
0.805958933	0.68680282	0.678844233
0.811142216	0.636284763	0.649569802
0.796067994	0.578314932	0.642824347
0.797674597	0.695048047	0.632455532
0.815591874	0.700140042	0.644156626
0.803428419	0.637576713	0.633724251
0.730589155	0.54964971	0.553001264
0.678444772	0.490880694	0.486216638
0.836743713	0.745355992	0.644156626
0.914462689	0.795557284	0.795557284
0.796067994	0.650944555	0.644156626
0.799297545	0.637576713	0.646846227
0.805111001	0.6401844	0.627455805
0.789799254	0.608580619	0.648203724
0.813797382	0.703597545	0.635000635
0.820166321	0.66964953	0.665190105
0.837772288	0.703597545	0.776150526
0.824872001	0.698430296	0.710669055

;

```
proc varmax data=inflasiakhir
```

```
lagmax=72 printall;
```

```
model z1t z2t z3t/ p=1 dify=(1) minic = (type =  
SBC p=(0:10) q=(0:4)) noint
```

```
noint print = (corry pcorr);
```

```
run
```





## BIOGRAFI PENULIS



Jessica Rahma Prillantika atau yang akrab disapa Jessica, lahir di Madiun, 19 April 1995. Penulis pernah menempuh pendidikan di MI Fathul Ulum Madiun, SMP Negeri 2 Madiun, dan SMA Negeri 2 Madiun. Penulis yang merupakan anak kedua dari dua bersaudara ini diterima di Jurusan Matematika ITS pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Masuk Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menempuh pendidikan S1 Matematika ITS, penulis mengambil minat Matematika Terapan yang terdiri atas Pemodelan Matematika dan Riset Operasi dan Pengolahan Data (ROPD).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di beberapa organisasi mahasiswa, di antaranya PSM ITS (Paduan Suara Mahasiswa ITS) dan HIMATIKA ITS (Himpunan Mahasiswa Matematika ITS) sebagai staff Hubungan Luar di tahun pertama dan *Head of External Affair Department* di tahun kedua.

Bersama PSM ITS juga pernah mengikuti berbagai perlombaan, di antaranya *Brawijaya Choir Festival di tahun 2014* dan *Seghizzi 54<sup>th</sup> International Choir Competition* pada tahun 2015.

Jika ingin memberikan saran, kritik, dan diskusi mengenai Tugas Akhir ini, bisa melalui email [prillantika@gmail.com](mailto:prillantika@gmail.com).